

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

### **Análisis de viabilidad técnica y diseño del interceptor para la nueva ubicación de la PTAR para el centro parroquial de Santa Ana**


Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

**Autor:**

Maite Cristina Quinde Peralta

**Director:**

Esteban Remigio Sánchez Cordero

ORCID:  0000-0002-8206-386X

**Cuenca, Ecuador**

2025-09-25

## Resumen

El presente trabajo de titulación evalúa la viabilidad técnica y desarrolla el diseño de un interceptor sanitario para una nueva Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), proyectada para el centro parroquial de Santa Ana, Ecuador. El estudio comprende un análisis integral del área de intervención, incluyendo su caracterización geográfica y la revisión del sistema de alcantarillado existente, con énfasis en las plantas de tratamiento ubicadas en los sectores de El Cementerio y Los Laureles. Se determinan los parámetros clave de diseño, tales como la proyección poblacional, la demanda de agua y las cargas de aguas residuales, a partir de los cuales se establecen los criterios hidráulicos para el dimensionamiento del interceptor. Asimismo, se generan hidrogramas de crecida para diferentes escenarios de lluvia, los cuales son evaluados mediante simulaciones hidráulicas en el software SWMM. Como resultado, se presenta una propuesta de diseño detallada, acompañada de planos técnicos, que busca contribuir a la mejora del sistema de saneamiento y la calidad ambiental de la parroquia.

*Palabras clave del autor:* planta de tratamiento, aguas residuales, alcantarillado sanitario, alcantarillado combinado, hidrograma, pozo de revisión



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

**Repositorio Institucional:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

### Abstract

This thesis presents a technical feasibility analysis and the design of an interceptor for a new Wastewater Treatment Plant (WWTP) for the parish center of Santa Ana, Ecuador. Preliminary studies of the intervention area are included, such as its geographical description and the current state of the sewer system, with a focus on the existing wastewater treatment plants in the El Cementerio and Los Laureles sectors. The study outlines the key design parameters, such as population projections, water demand, and wastewater contributions, as well as the hydraulic criteria used for sizing the sanitary collector. Additionally, flood hydrographs were developed for various rainy-season scenarios and analyzed through hydraulic simulations using the SWMM software. Finally, the definitive design drawings of the interceptor are presented, offering a comprehensive proposal aimed at improving sanitation conditions within the community.

*Author Keywords:* treatment plant, wastewater, sanitary sewer system, combined sewer system, hydrograph, manhole



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

**Institutional Repository:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Índice de contenido

1.	Generalidades.....	18
1.1.	Introducción.....	18
1.2.	Objetivos.....	19
2.	Estudios preliminares.....	19
2.1.	Descripción del área de estudio.....	19
2.2.	Ubicación geográfica del proyecto.....	20
2.3.	Actividades económicas.....	21
2.3.1.	Factores de producción.....	22
2.4.	Clima y temperatura de la zona.....	23
2.5.	Estado actual del sistema de alcantarillado.....	23
2.5.1.	Plantas de tratamiento.....	24
3.	Parámetros de diseño.....	27
3.1.	Trazado.....	27
3.2.	Área de servicio.....	28
3.3.	Periodo de diseño.....	29
3.4.	Población de diseño.....	29
3.4.1.	Población inicial.....	29
3.4.2.	Tasa de crecimiento poblacional.....	31
3.4.3.	Métodos de cálculo.....	32
3.5.	Demanda y consumo de agua.....	34
3.5.1.	Dotación por consumo de agua potable.....	34
3.5.2.	Variaciones de consumo o coeficiente de retorno.....	35
3.6.	Contribuciones de aguas residuales.....	35
3.6.1.	Aportes domésticos.....	35
3.6.2.	Aporte de aguas de infiltración.....	36
3.6.3.	Aporte de aguas ilícitas.....	36
3.7.	Criterios generales de diseño.....	37
4.	Caudales.....	38

4.1.	Caudal actual a cada PTAR.....	38
4.2.	Caudal de nueva de la PTAR del Cementerio.....	39
4.2.1.	Caudal actual.....	39
4.2.2.	Caudal futuro .....	40
4.3.	Caudal de diseño del interceptor.....	41
5.	Análisis de eficiencia de las plantas de tratamiento.....	41
5.1.	Estado actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales .....	41
5.1.1.	Análisis de Tanque séptico .....	42
5.2.	Estado futuro de la PTAR del Cementerio .....	45
6.	Fundamentos hidráulicos .....	46
6.1.	Ecuación de Manning para flujo en canales abiertos .....	46
6.2.	Relaciones hidráulicas .....	47
6.3.	Pendiente máxima y mínima.....	48
6.3.1.	Pendiente máxima .....	49
6.3.2.	Pendiente mínima.....	49
6.4.	Velocidad de diseño.....	49
6.5.	Pérdidas de energía.....	50
7.	Diseño del interceptor sanitario .....	52
7.1.	Ejemplo de diseño de un tramo del interceptor .....	52
8.	Evaluación del interceptor en época lluviosa .....	56
8.1.	Hidrograma de crecida.....	56
8.2.	Caudal máximo que ingresa al interceptor .....	59
8.2.1.	Tubería de diámetro de 200mm .....	63
8.2.1.1.	Caso 1: Orificio con compuerta completamente abierta .....	63
8.2.1.2.	Caso 2: Orificio con compuerta con abertura al 75% de Y/D .....	65
8.2.2.	Tubería de diámetro de 270mm .....	66
8.2.2.1.	Caso 1: Orificio con compuerta completamente abierta .....	66
8.2.2.2.	Caso 2: Orificio con compuerta con abertura al 75% de Y/D .....	67
8.2.2.3.	Caso 3: Orificio con compuerta con abertura igual al radio de la tubería ....	68

8.2.3.	Tubería de diámetro de 300mm .....	69
8.2.3.1.	Caso 1: Orificio con compuerta completamente abierta .....	69
8.2.3.2.	Caso 3: Orificio con compuerta con abertura igual al radio de la tubería ....	70
8.3.	Resultados de: evaluación del interceptor en época lluviosa .....	71
9.	Simulación de evento de lluvia en el programa SWMM .....	73
9.1.1.	Tubería de diámetro de 200mm .....	79
9.1.1.1.	Caso 1: Orificio con compuerta completamente abierta .....	79
9.1.1.2.	Caso 2: Orificio con compuerta con abertura al 75% de Y/D .....	82
9.1.2.	Tubería de diámetro de 270mm .....	84
9.1.2.1.	Caso 1: Orificio con compuerta completamente abierta .....	84
9.1.2.2.	Caso 2: Orificio con compuerta con abertura al 75% de Y/D .....	86
9.1.2.3.	Caso 3: Orificio con compuerta con abertura igual al radio de la tubería ....	88
9.1.3.	Tubería de diámetro de 300mm .....	89
9.1.3.1.	Caso 1: Orificio con compuerta completamente abierta .....	89
9.1.3.2.	Caso 3: Orificio con compuerta con abertura igual al radio de la tubería ....	91
9.2.	Resultados de la simulación del evento de lluvia en el programa SWMM .....	93
10.	Resultados .....	96
10.1.	Pozos de revisión .....	97
10.1.1.	Intervención de pozos existentes .....	97
10.1.2.	Pozos tipo .....	100
10.1.3.	Pozo de derivación .....	102
11.	Conclusiones y recomendaciones .....	103
12.	Referencias .....	106
13.	Anexos .....	109
13.1.	Estado actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales.....	109
13.1.1.	PTAR del Cementerio .....	109
13.1.2.	PTAR los Laureles .....	110
13.2.	Relaciones hidráulicas.....	111
13.3.	Hidrograma de crecida .....	113

13.4.	Resultados del diseño del interceptor.....	115
13.4.1.	Tubería de diámetro de 0.27m.....	115
13.5.	Evaluación del interceptor en época lluviosa .....	123
13.5.1.	Diámetro de 200mm .....	123
13.5.2.	Diámetro de 270mm .....	130
13.5.3.	Diámetro de 300mm .....	140
13.6.	Simulación de evento de lluvia en el programa SWMM.....	146
13.6.1.	Tubería de PVC (n=0.011).....	146
13.6.1.1.	Tubería de diámetro de 200mm .....	146
13.6.1.2.	Tubería de diámetro de 270 mm .....	151
13.6.1.3.	Tubería de diámetro de 300mm .....	156
13.6.2.	Tubería de hormigón (n=0.014) .....	159
13.6.2.1.	Tubería de diámetro de 200mm .....	159
13.6.2.2.	Tubería de diámetro de 270mm .....	162
13.6.2.3.	Tubería de diámetro de 300mm .....	167
13.7.	Resultados .....	170
13.8.	Planos .....	173

## Índice de figuras

<b>Figura 2.1</b> Mapa político de la parroquia Santa Ana.....	20
<b>Figura 2.2</b> Ubicación de la zona de estudio.....	21
<b>Figura 2.3</b> Imagen satelital zona de contribución PTAR Cementerio.....	23
<b>Figura 2.4</b> Imagen satelital zona de contribución PTAR Laureles.....	24
<b>Figura 2.5</b> Esquema de PTAR El Cementerio.....	26
<b>Figura 3.1</b> Trazado definitivo del interceptor.....	27
<b>Figura 3.2</b> Área total de aporte hasta el inicio del interceptor.....	28
<b>Figura 3.3</b> Imagen satelital nueva zona de contribución PTAR Cementerio.....	29
<b>Figura 3.4</b> Proyección Poblacional Los Laureles.....	33
<b>Figura 8.1</b> Hidrograma efectivo combinado para la cuenca de estudio.....	59
<b>Figura 8.2</b> Esquema del pozo de derivación.....	60
<b>Figura 8.3</b> Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia ( $D=0.2$ ). .....	64
<b>Figura 8.4</b> Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia ( $D=0.2m$ , $a=0.1m$ )......	65
<b>Figura 8.5</b> Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia ( $D=0.27m$ ).....	66
<b>Figura 8.6</b> Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia ( $D=0.27m$ , $a=0.22m$ )......	68
<b>Figura 8.7</b> Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia ( $D=0.27m$ , $a=0.135m$ )......	69
<b>Figura 8.8</b> Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia ( $D=0.3m$ ).....	70
<b>Figura 8.9</b> Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia ( $D=0.3m$ , $a=0.15m$ ).....	71
<b>Figura 9.1</b> Interfaz del programa SWMM-EXCEL.....	76
<b>Figura 9.2</b> Interfaz del programa SWMM con el modelo generado con el programa SWMM- EXCEL.....	76
<b>Figura 9.3</b> Ventana Group Editor del programa SWMM.....	77
<b>Figura 9.4</b> Editor de propiedades.....	78
<b>Figura 9.5</b> Editor de caudales de entrada.....	79
<b>Figura 9.6</b> Vista en planta del trazado desde el pozo 42 al pozo 56. ( $D=0.2m$ ).....	80
<b>Figura 9.7</b> Vista en planta del trazado desde el pozo 55 al pozo 66. ( $D=0.2m$ ).....	81
<b>Figura 9.8</b> Vista en perfil del trazado desde el pozo 49 al pozo 65. ( $D=0.2m$ ).....	81

<b>Figura 9.9</b> Vista en planta del trazado desde el pozo 23 al pozo 66. ( $D=0.2m$ , $a=0.1m$ ) ....	83
<b>Figura 9.10</b> Vista en perfil del trazado desde el pozo 49 al pozo 65. ( $D=0.2m$ , $a=0.1m$ ) ....	83
<b>Figura 9.11</b> Vista en planta del trazado desde el pozo 43 al pozo 57. ( $D=0.27m$ ) .....	85
<b>Figura 9.12</b> Vista en planta del trazado desde el pozo 55 al pozo 66. ( $D=0.27m$ ) .....	85
<b>Figura 9.13</b> Vista en perfil del trazado desde el pozo 49 al pozo 65. ( $D=0.27m$ ) .....	86
<b>Figura 9.14</b> Vista en planta del trazado desde el pozo 24 al pozo 66. ( $D=0.27m$ , $a=0.22m$ ) .....	87
<b>Figura 9.15</b> Vista en perfil del trazado desde el pozo 49 al pozo 65. ( $D=0.27m$ , $a=0.22m$ )	87
<b>Figura 9.16</b> Vista en planta del trazado desde el pozo 24 al pozo 66. ( $D=0.27m$ , $a=0.135m$ ) .....	88
<b>Figura 9.17</b> Vista en perfil del trazado desde el pozo 49 al pozo 65. ( $D=0.27m$ , $a=0.135m$ ) .....	89
<b>Figura 9.18</b> Vista en planta del trazado. ( $D=0.3m$ ) .....	90
<b>Figura 9.19</b> Vista en perfil del trazado desde el pozo 49 al pozo 65. ( $D=0.3m$ ) .....	90
<b>Figura 9.20</b> Vista en planta del trazado desde el pozo 23 al pozo 66. ( $D=0.3m$ , $a=0.15m$ )	92
<b>Figura 9.21</b> Vista en perfil del trazado desde el pozo 49 al pozo 65. ( $D=0.3m$ , $a=0.15m$ ) ..	92
<b>Figura 10.1</b> Detalle de compuerta de entrada al interceptor. ....	96
<b>Figura 10.2</b> Imagen satelital de la ubicación de los pozos intervenidos.....	97
<b>Figura 10.3</b> Sistema de aislamiento con tapón expansible y lechada de hormigón. ....	98
<b>Figura 10.4</b> Vista en planta del Pozo 1 con la tubería que requiere aislarse de $D=300$ mm. .....	98
<b>Figura 10.5</b> Vista en planta del Pozo 2 con la tubería que requiere aislarse de $D=300$ mm. .....	99
<b>Figura 10.6</b> Pozos de cabecera diseñados para la nueva conducción. ....	99
<b>Figura 10.7</b> Vista en perfil del Pozo Tipo 1 con salto de 10 cm para la nueva conducción. .....	100
<b>Figura 10.8</b> Vista en perfil del Pozo Tipo 1 con salto de 15 cm para la nueva conducción. .....	101
<b>Figura 10.9</b> Vista en planta del pozo de derivación. ....	102
<b>Figura 10.10</b> Vista en perfil del pozo de derivación. ....	103

## Índice de tablas

<b>Tabla 2.1</b> Principales productos Santa Ana. ....	21
<b>Tabla 3.1</b> Población aportante a cada PTAR. ....	30
<b>Tabla 3.2</b> Población aportante con nueva configuración. ....	30
<b>Tabla 3.3</b> Población censal de la parroquia Santa Ana. ....	31
<b>Tabla 3.4</b> Tasas medias de crecimiento poblacional determinadas por diferentes métodos. ....	31
<b>Tabla 3.5</b> Métodos de cálculo utilizados para determinar la población futura para el proyecto. ....	32
<b>Tabla 3.6</b> Resultados de los métodos de proyección poblacional para los Laureles. ....	33
<b>Tabla 3.7</b> Dotaciones recomendadas. ....	34
<b>Tabla 3.8</b> Distancias máximas entre pozos. ....	38
<b>Tabla 4.1</b> Características de las cuencas de aporte. ....	38
<b>Tabla 4.2</b> Aporte de caudal a cada PTAR. ....	39
<b>Tabla 4.3</b> Características de la nueva cuenca de aporte PTAR Cementerio. ....	39
<b>Tabla 4.4</b> Caudal de aporte estimado de la nueva cuenca de aporte PTAR Cementerio. ...	40
<b>Tabla 4.5</b> Características futuras de la nueva cuenca de aporte. PTAR Cementerio. ....	40
<b>Tabla 4.6</b> Caudales futuros estimados de la nueva cuenca de aporte. PTAR Cementerio..	40
<b>Tabla 4.7</b> Características ampliadas, cuenca de aporte Los Laureles. ....	41
<b>Tabla 4.8</b> Caudal doméstico, ilícito, infiltración y total para la Nueva cuenca del Cementerio. ....	41
<b>Tabla 5.1</b> Dimensiones Tanque séptico. PTAR El Cementerio, Laureles. ....	42
<b>Tabla 5.2</b> Contribución diaria de desperdicios (C) y de lodo fresco (Lf) por tipo de edificio y ocupante. ....	43
<b>Tabla 5.3</b> Tiempo de retención de los vertidos, por rango de distribución diaria. ....	43
<b>Tabla 5.4</b> Tasa de acumulación total de lodo (K), en días, según el intervalo entre limpiezas y la temperatura del mes más frío. ....	44
<b>Tabla 5.5</b> Parámetros de cálculo necesarios para la obtención del volumen. ....	44
<b>Tabla 5.6</b> Análisis Demanda capacidad de cada tanque séptico. ....	45
<b>Tabla 5.7</b> Dimensiones Tanque séptico. PTAR El Cementerio. Nueva cuenca. ....	45
<b>Tabla 5.8</b> Parámetros de cálculo necesarios para la obtención del volumen. Nueva cuenca. ....	45
<b>Tabla 5.9</b> Análisis Demanda capacidad del tanque séptico El Cementerio. Nueva cuenca.	46
<b>Tabla 6.1</b> Velocidades máximas según el tipo de material. ....	50
<b>Tabla 6.2</b> Pérdida de energía por cambio de dirección. ....	51

<b>Tabla 7.1</b> <i>Parámetros iniciales para el diseño del interceptor.</i> .....	53
<b>Tabla 7.2</b> <i>Caudales sanitarios de aportes para el diseño del interceptor.</i> .....	53
<b>Tabla 7.3</b> <i>Caudal de diseño para el primer tramo del interceptor.</i> .....	54
<b>Tabla 7.4</b> <i>Cálculo de la velocidad del tramo comprendido entre el Pozo 1 y 2.</i> .....	55
<b>Tabla 7.5</b> <i>Cálculo de la velocidad y caudal al 75% para el tramo entre Pozos 1 y 2.</i> .....	55
<b>Tabla 8.1</b> <i>Valores de tiempo y caudal del Hidrograma efectivo.</i> .....	58
<b>Tabla 8.2</b> <i>Parámetros hidráulicos de la tubería de llegada al pozo de derivación.</i> .....	60
<b>Tabla 8.3</b> <i>Características geométricas de la tubería de excesos.</i> .....	61
<b>Tabla 8.4</b> <i>Características geométricas de la tubería inicial del interceptor.</i> .....	61
<b>Tabla 8.5</b> <i>Resumen de resultados obtenidos de la evaluación en época lluviosa del interceptor de tubería de diámetro de 200mm.</i> .....	72
<b>Tabla 8.6</b> <i>Resumen de resultados obtenidos de la evaluación en época lluviosa del interceptor de tubería de diámetro de 270mm.</i> .....	72
<b>Tabla 8.7</b> <i>Resumen de resultados obtenidos de la evaluación en época lluviosa del interceptor de tubería de diámetro de 300mm.</i> .....	73
<b>Tabla 9.1</b> <i>Reporte de pozos inundados.</i> .....	80
<b>Tabla 9.2</b> <i>Reporte del punto de descarga. (D=0.2m)</i> .....	82
<b>Tabla 9.3</b> <i>Reporte del punto de descarga. (D=0.2m, a=0.1m)</i> .....	84
<b>Tabla 9.4</b> <i>Reporte del punto de descarga. (D=0.27m)</i> .....	86
<b>Tabla 9.5</b> <i>Reporte del punto de descarga. (D=0.27m, a=0.22m)</i> .....	88
<b>Tabla 9.6</b> <i>Reporte del punto de descarga. (D=0.27m, a=0.135m).</i> .....	89
<b>Tabla 9.7</b> <i>Reporte del punto de descarga. (D=0.3m, a=0.3m)</i> .....	91
<b>Tabla 9.8</b> <i>Reporte del punto de descarga. (D=0.3m, a=0.15m)</i> .....	93
<b>Tabla 9.9</b> <i>Volumen descargado para cada caso del diseño del interceptor de diámetro de tubería de 200mm.</i> .....	94
<b>Tabla 9.10</b> <i>Volumen descargado para cada caso del diseño del interceptor de diámetro de tubería de 270mm.</i> .....	94
<b>Tabla 9.11</b> <i>Volumen descargado para cada caso del diseño del interceptor de diámetro de tubería de 300mm.</i> .....	95
<b>Tabla 13.1</b> <i>Tabla para el cálculo de canales circulares (Manning).</i> .....	111
<b>Tabla 13.2</b> <i>Valores estándares para graficar el caudal unitario adimensional SCS.</i> .....	113
<b>Tabla 13.3</b> <i>Coeficientes A, B, y C para un tiempo de concentración de 5 - 60 minutos.</i> .....	114
<b>Tabla 13.4</b> <i>Número de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana.</i> .....	114
<b>Tabla 13.5</b> <i>Caudal de diseño de cada tramo.</i> .....	115
<b>Tabla 13.6</b> <i>Diseño hidráulico de cada tramo para interceptor de diámetro de 0.27m.</i> .....	117

<b>Tabla 13.7</b> <i>Pérdida de energía y cotas correspondientes al interceptor de diámetro de 0.27m.</i>	118
<b>Tabla 13.8</b> <i>Verificación de parámetros hidráulicos del interceptor de diámetro de 0.2m.</i>	120
<b>Tabla 13.9</b> <i>Verificación de parámetros hidráulicos del interceptor de diámetro de 0.3m.</i>	122
<b>Tabla 13.10</b> <i>Proceso iterativo para la determinación del caudal de ingreso a través del orificio hacia el interceptor. (D=0.2m).</i>	123
<b>Tabla 13.11</b> <i>Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.2).</i>	124
<b>Tabla 13.12</b> <i>Resultados de la evaluación del interceptor de diámetro de 0.2m en época lluviosa.</i>	125
<b>Tabla 13.13</b> <i>Proceso iterativo para determinar el caudal de ingreso máximo para distintas aberturas de la compuerta. (D=0.2m).</i>	126
<b>Tabla 13.14</b> <i>Proceso iterativo para la determinación del caudal de ingreso a través del orificio hacia el interceptor. (D=0.2m, a=0.1m).</i>	127
<b>Tabla 13.15</b> <i>Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.2m, a=0.1m).</i>	127
<b>Tabla 13.16</b> <i>Resultados de la evaluación del interceptor de en época lluviosa. (D=0.2m, a=0.1m).</i>	128
<b>Tabla 13.17</b> <i>Proceso iterativo para la determinación del caudal de ingreso a través del orificio hacia el interceptor. (D=0.27m).</i>	130
<b>Tabla 13.18</b> <i>Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.27m).</i>	130
<b>Tabla 13.19</b> <i>Resultados de la evaluación del interceptor de diámetro de 0.27m en época lluviosa.</i>	131
<b>Tabla 13.20</b> <i>Proceso iterativo para determinar el caudal de ingreso máximo para distintas aberturas de la compuerta. (D=0.27m).</i>	133
<b>Tabla 13.21</b> <i>Proceso iterativo para la determinación del caudal de ingreso a través del orificio hacia el interceptor. (D=0.27m, a=0.22m).</i>	134
<b>Tabla 13.22</b> <i>Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.27m, a=0.22m).</i>	134
<b>Tabla 13.23</b> <i>Resultados de la evaluación del interceptor de en época lluviosa. (D=0.27m, a=0.22m).</i>	135
<b>Tabla 13.24</b> <i>Proceso iterativo para la determinación del caudal de ingreso a través del orificio hacia el interceptor. (D=0.27m, a=0.135m).</i>	137
<b>Tabla 13.25</b> <i>Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.27m, a=0.135m).</i>	137

**Tabla 13.26** Resultados de la evaluación del interceptor de en época lluviosa. ( $D=0.27m$ ,  $a=0.135m$ ) ..... 138

**Tabla 13.27** Proceso iterativo para la determinación del caudal de ingreso a través del orificio hacia el interceptor. ( $D=0.3m$ )..... 140

**Tabla 13.28** Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia ( $D=0.3m$ )..... 140

**Tabla 13.29** Resultados de la evaluación del interceptor de diámetro de  $0.3m$  en época lluviosa..... 141

**Tabla 13.30** Proceso iterativo para la determinación del caudal de ingreso a través del orificio hacia el interceptor. ( $D=0.3m$ ,  $a=0.15m$ ) ..... 143

**Tabla 13.31** Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia ( $D=0.3m$ ,  $a=0.15m$ )..... 144

**Tabla 13.32** Resultados de la evaluación del interceptor de en época lluviosa. ( $D=0.3m$ ,  $a=0.15m$ ) ..... 144

**Tabla 13.33** Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. ( $D=0.2m$ )..... 146

**Tabla 13.34** ..... 148

**Tabla 13.35** Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. ( $D=0.2m$ ,  $a=0.1m$ )..... 149

**Tabla 13.36** Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. ( $D=0.27m$ )..... 151

**Tabla 13.37** Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. ( $D=0.27m$ ,  $a=0.22m$ ).. 153

**Tabla 13.38** Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. ( $D=0.27m$ ,  $a=0.135m$ ) 154

**Tabla 13.39.** Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. ( $D=0.3m$ )..... 156

**Tabla 13.40** Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. ( $D=0.3m$ ,  $a=0.15m$ ).... 157

**Tabla 13.41** Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (Tubería de hormigón,  $D=0.2m$ )..... 159

**Tabla 13.42** Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (Tubería de hormigón,  $D=0.2m$ ,  $a=0.1m$ )..... 161

**Tabla 13.43** Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (Tubería de hormigón,  $D=0.27m$ )..... 162

**Tabla 13.44** Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (Tubería de hormigón,  $D=0.27m$ ,  $a=0.22m$ ) ..... 164

**Tabla 13.45** Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (Tubería de hormigón,  $D=0.27m$ ,  $a=0.135m$ ) ..... 165

**Tabla 13.46** Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (Tubería de hormigón,  $D=0.3m$ )..... 167

**Tabla 13.47** Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (Tubería de hormigón,  $D=0.3m$ ,  $a=0.15m$ ) ..... 169

**Tabla 13.48** *Resumen de parámetros geométricos del diseño definitivo.....* 170

**Tabla 13.49** *Especificaciones geométricas de la ubicación de los pozos.....* 172

## Dedicatoria

Dedico este trabajo con todo mi corazón a mis padres, por su amor incondicional, por su paciencia infinita y por confiar en mí incluso cuando yo misma dudaba. Gracias por ser mi base, mi ejemplo y mi fuerza silenciosa en cada paso que he dado.

A mi hermana, por ser mi refugio emocional, por escucharme sin juicio, por sostenerme en los días difíciles y celebrar conmigo en los días buenos.

A mi sobrina, que con su alegría genuina y su risa espontánea logró iluminar incluso los días más desafiantes. Gracias por recordarme lo hermoso de lo simple y por ser una chispa de luz en mi camino.

A mis amigos, compañeros de ruta en esta etapa universitaria, gracias por las risas, las charlas infinitas, el apoyo emocional y cada momento compartido que hizo este camino más llevadero y significativo.

Y, finalmente, me dedico esta tesis a mí misma por haber confiado, por haber resistido, por no rendirme cuando parecía más fácil abandonar. Por seguir adelante, aun con miedo, cansancio o dudas. Porque este logro también es prueba de mi propia valentía.

### Agradecimiento

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi tutor, Ing. Esteban Sánchez, por su guía durante este proceso, la cual fue fundamental para la consolidación de este trabajo y por motivarme a explorar nuevas herramientas y a ampliar mis horizontes académicos. Su confianza en mis capacidades y su constante impulso fueron claves para asumir este desafío con decisión.

Agradezco también al Ing. Felipe Ordoñez, Supervisor de Proyectos del Departamento de Diseño e Ingeniería de ETAPA EP, por su valiosa orientación, por compartir con generosidad su experiencia profesional y por el acompañamiento constante durante el desarrollo de este trabajo de titulación.

Extiendo este agradecimiento especial a la empresa pública ETAPA EP, por facilitar el desarrollo de este proyecto mediante el convenio institucional. Su apertura y colaboración permitieron que esta propuesta se lleve a cabo en beneficio de la comunidad, demostrando el valor del trabajo conjunto entre la academia y las instituciones públicas.

Agradezco a mis profesores y profesoras de la carrera, quienes sembraron en mí la curiosidad, el rigor y la pasión por el conocimiento. Cada clase fue una pieza clave en mi formación.

Finalmente, a todas las personas que directa o indirectamente aportaron a la construcción de este trabajo, mi eterno agradecimiento.

## Agradecimientos Institucionales

Este trabajo de titulación ha sido desarrollado en el marco del proyecto de investigación *“Evaluación de la Incertidumbre en Modelos Hidráulicos Unidimensionales para Ríos de Montaña: Impacto de la Geometría del Canal y el Coeficiente de Rugosidad”*, ganador del XXI Concurso Universitario de Proyectos de Investigación.

## 1. Generalidades

### 1.1. Introducción

La parroquia Santa Ana ubicada en cantón Cuenca, al sur este de la ciudad provincia del Azuay, presenta un sistema de alcantarillado ineficiente por lo que se han generado problemas significativos en diversos ámbitos: en materia de salud pública, la contaminación ambiental, y economía local. Por ello es crucial implementar un sistema de alcantarillado óptimo que recolecte y conduzca de manera efectiva y sostenible las aguas residuales.

Actualmente, existen dos plantas de tratamiento en el centro parroquial, Los Laureles y Santa Ana -Cementerio, las cuales han excedido su vida útil operando de manera ineficiente, lo que genera riesgos ambientales y para la salud pública. Ante esto, ETAPA EP ha propuesto la construcción de una nueva planta de tratamiento de aguas residuales con mayor capacidad, a la cual se dirigirá el flujo de las dos plantas antes especificadas. En este contexto, se plantea un análisis de viabilidad técnica del proyecto, incluyendo la evaluación de la red de alcantarillado existente y los caudales resultantes del nuevo sistema de abastecimiento de agua potable, así como el diseño de los interceptores que permitirán redirigir el flujo de aguas residuales a la nueva PTAR, mejorando el tratamiento y la calidad del servicio sanitario existente.

(Bravo Jácome & Solis García, 2018), postulan que ante la falta de un sistema de alcantarillado sanitario los moradores optan por la construcción de tanques o fosas sépticas para el tratamiento de sus desechos. Sin embargo, al ser construidas por los propios usuarios, carecen de diseño técnico. Realizar una correcta evaluación de un sistema de alcantarillado es de suma importancia; según lo mencionado por (EPMAPS, 2023), esta evaluación permite conocer las condiciones de trabajo de la red existente y localizar sus problemas para posteriormente plantear soluciones eficientes.

Esta tesis aborda los desafíos del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en Santa Ana, buscando soluciones viables para mejorar la calidad de vida y proteger el medio ambiente. Como aporte, se entrega a ETAPA el estudio de la red y el diseño de interceptores, ofreciendo una base sólida para futuros proyectos y un modelo hacia un sistema de saneamiento eficiente, sostenible y resiliente que impulse el bienestar regional.

## 1.2. Objetivos

### Objetivo general

Analizar la viabilidad técnica y diseñar el interceptor para la nueva ubicación de la PTAR para el centro parroquial de Santa Ana.

### Objetivos específicos

Evaluar las condiciones topográficas de la zona de estudio.

Delimitar el área de aporte de la cuenca.

Determinar el caudal de aporte a circular en la red de alcantarillado.

## 2. Estudios preliminares

### 2.1. Descripción del área de estudio

La parroquia Santa Ana consta de 7,027 habitantes según el último censo poblacional realizado en el Ecuador por el INEC en 2022, donde se registra que la composición de la población en esta zona corresponde a su mayoría por jóvenes.

Santa Ana posee 21 comunidades, las mismas que cuentan con un comité de desarrollo reconocido por el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial, GADPR, las cuales son: Centro Parroquial, Auquilula, El Chorro, Ingapirca, La Dolorosa, Tacalzhapa, Toctepamba, Tepal, Barzalitos, San Antonio de Trabana, San Francisco de Mosquera, Santa Bárbara, Bela Unión, Sigsicocha, Ñariviña, San Miguel de Pucacruz, San Pedro, Los Laureles, San Antonio de los Laureles, El Salado y Playa de los Ángeles (GADPR Santa Ana, 2019).

Para el año 2015, luego de varios acuerdos, los límites con los gobiernos colindantes son:

- Norte, parroquia Paccha
- Sur, parroquia Quingeo
- Este, con el cantón Gualaceo – parroquia Zhimad y Sigsig
- Oeste, parroquia El Valle

**Figura 2.1**

*Mapa político de la parroquia Santa Ana.*



Nota: Esta Imagen es extraída de: (GADPR Santa Ana, 2019).

## 2.2. Ubicación geográfica del proyecto

Este proyecto centra esfuerzos para el diseño de un sistema de alcantarillado en el Centro Parroquial de la parroquia Santa Ana, ubicada 7.5 km hacia el este de la ciudad de Cuenca en el cantón Cuenca, provincia del Azuay, al sur del Ecuador. Posee una extensión de 4.495,31 ha. Y se ubica en las coordenadas 2°56'10.91" de latitud sur, 78°55'11.89" de longitud oeste.

La zona de estudio comprende el centro parroquial Santa Ana, en donde la densidad poblacional es más alta por lo cual ésta consta de dos plantas de tratamiento de aguas residuales comunitarias, siendo al contrario de sus comunidades hermanas las cuales constan de sistemas individuales por cada vivienda, o en el mejor de los casos pequeñas plantas que sirven a dos o 3 domicilios.

**Figura 2.2**

*Ubicación de la zona de estudio.*



### 2.3. Actividades económicas

#### Riego y área agropecuaria

De acuerdo con la cobertura del uso del suelo, la parroquia consta de 2120 ha de área productiva, de las cuales se dedica 9.4% a producción agrícola, 85.1% de pasto manejado y 5.5% de pasto degradado (GADPR Santa Ana, 2019).

Al ser una parroquia agrícola casi en su totalidad, los productos principales que se cultivan en las diferentes comunidades se muestran en la *Tabla 2.1*.

**Tabla 2.1**

*Principales productos Santa Ana.*

COMUNIDAD	CULTIVO 1	CULTIVO 2	CULTIVO 3
Tepal	Maíz	Fréjol	Arveja
Toctepamba	Maíz	Fréjol	Habas
El Salado	Maíz	Fréjol	Habas
Auquilula	Maíz	Fréjol	Habas
Laureles	Maíz	Fréjol	Habas
Ñariviña	Maíz	Papas	Fréjol
Centro Parroquial	Maíz	Fréjol	Habas
Tacalzhapa	Maíz	Fréjol	Habas
San Antonio de los Laureles	Pasto	Maíz	Fréjol
El Chorro	Maíz	Fréjol	Habas

San Francisco de Mosquera	Maíz	Fréjol	Habas
San Miguel de Puccacruz	Maíz	Fréjol	Habas
Playa de los Ángeles	Pasto	Maíz	Fréjol
Dizha La Dolorosa	Pasto	Maíz	Fréjol
Ingapirca	Maíz	Fréjol	Habas
Barzalitos	Maíz	Fréjol	Habas
San Antonio de Trabana	Maíz	Fréjol	Habas
Bella Unión	Pasto	Maíz	Fréjol
Santa Barbará	Maíz	Habas	Fréjol
San Pedro	Maíz	Habas	Fréjol
Sigsicocha	Maíz	Habas	Fréjol

Nota: La información de esta Tabla es extraída de: (GADPR Santa Ana, 2019).

Debido a la falta de mano de obra, y las heladas producidas por cambios estacionales fuertes la producción agrícola está siendo desplazada por la actividad ganadera, que en su mayoría es realizada por mujeres, puesto que los hombres salen a trabajar fuera de la comunidad.

### 2.3.1. Factores de producción

#### Tecnología

Al estar intrínsecamente asociados a la agricultura, las tecnologías utilizadas son agroecológicas enfocadas en los cultivos, principalmente las alternativas para el control de plagas para la reducción de las pérdidas en la cosecha y conservación de la fertilidad del suelo.

#### Riego

Existen registradas hasta el año 2019 en la Secretaría del Agua, un total de 40 concesiones para riego en la parroquia, siendo 38 para particulares y 2 para la Universidad del Azuay.

#### Asistencia técnica

El GAD parroquial tiene convenio con el Ministerio de Agricultura para proveer asistencia técnica a los productores agroecológicos, de igual manera les entregan kits para mejoramiento de los pastos y asistencia en el mejoramiento genético.

#### 2.4. Clima y temperatura de la zona

Al estar ubicada al sur de la región interandina posee un clima Ecuatorial Mesotérmico Semihúmedo, contando con un promedio de precipitaciones medias anuales que oscila entre los 700 a 900 mm, presentes en lluvias de febrero a mayo y de octubre a noviembre (GADPR Santa Ana, 2019). La temperatura en la zona del proyecto varía entre 12° y 20°C, con mínimas y máximas de 6° y 30°C respectivamente.

Estas condiciones favorecen a las actividades agrícolas, sin embargo, debido a las grandes pendientes existentes no se realizan actividades productivas intensivas.

#### 2.5. Estado actual del sistema de alcantarillado

La cabecera parroquial y sus barrios periféricos cuentan con sistema de alcantarillado combinado que recolecta las aguas servidas y las lleva a las plantas de tratamiento de aguas residuales. El sistema que recolecta la principal PTAR se muestra en la *Figura 2.3*.

#### Figura 2.3

*Imagen satelital zona de contribución PTAR Cementerio.*



Una descarga adicional lleva las aguas servidas a la planta de tratamiento Laureles.

La zona de contribución de la planta de tratamiento Laureles de muestra a continuación en la *Figura 2.4*.

**Figura 2.4**

*Imagen satelital zona de contribución PTAR Laureles.*



El mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales es realizado por parte de ETAPA EP, con la cualidad de que no existe una programación de mantenimiento preventivo fija para las PTAR antes mencionadas.

### **2.5.1. Plantas de tratamiento**

Dentro de esta comunidad las plantas de tratamiento utilizadas constan de la cámara de entrada, tanque séptico, filtro anaerobio y estación de recolección de lodos.

- **Cámara de entrada**

Esta estructura corresponde a una etapa de tratamiento preliminar y se ubica al inicio de la PTAR. en esta cámara se realiza un tamizado o cribado a través de unas rejillas para remover cualquier objeto de tamaño grande que provenga en el agua residual (Metcalf & Eddy, Ingeniería de aguas residuales Vol 1, 1995). De esta forma se evita que existan problemas en el funcionamiento de los equipos ubicado aguas abajo.

Estas rejillas de cribado deben estar sometidas a un mantenimiento constante, caso contrario puede obstruirse la entrada impidiendo que el caudal entre con normalidad a la PTAR. El mantenimiento consta de una limpieza de las rejillas, retirando los elementos retenidos y llevándolos a un contenedor para posteriormente ser desechados como residuos sólidos.

- **Tanque séptico**

Es una estructura de tratamiento primario de carácter anaerobio, ampliamente utilizada en nuestro medio, para tratar aguas residuales domésticas y de pequeñas comunidades las cuales arrojan a cuerpos de agua. Son capaces de almacenar,

separar y tratar residuos sólidos y líquidos producto de las actividades humanas (Metcalf & Eddy, Ingeniería de aguas residuales Vol 1, 1995).

El primer paso en el tratamiento a separación de los sólidos se da por sedimentación, los cuales al acumularse pasan a llamarse lodos, estos lodos son residuos altamente contaminantes y deben seguir su propio tratamiento al desalojar el sistema.

El siguiente paso es la descomposición biológica, donde bacterias anaerobias descomponen la materia orgánica reduciendo el volumen de los lodos y partículas suspendidas.

Esta estructura es ventajosa para áreas rurales o con una densidad poblacional baja, puesto que es un sistema económico y que no requiere altos niveles de conocimiento para su mantenimiento. El mantenimiento se da por vaciado periódico, generalmente cada 3 a 5 años.

- **Filtro anaerobio**

Es una estructura de tratamiento secundaria que se beneficia de microorganismos anaerobios para la descomposición de materia orgánica presente en el agua, altamente utilizada como complemento de tratamiento de tanques sépticos para mejorar la calidad del efluente antes de ser liberado al ambiente (Metcalf & Eddy, Ingeniería de aguas residuales Vol 1, 1995).

Está constituido por medios filtrantes generalmente constituidos por grava, piedra, plástico u otros, que proporcionan una superficie para que los microorganismos anaerobios formen una película al adherirse.

Es de bajo costo operativo, altamente eficiente para reducir la DBO del agua, no necesita suministro de materiales extra para su funcionamiento, es compacto y requiere mantenimiento rutinario con el fin de evitar obstrucciones.

Al trabajar en base a bacterias anaerobias tiende a tardar más su puesta en operación ya que este tipo de microorganismos suelen ser delicados y establecer una colonia puede ser un desafío. De igual manera, este tratamiento es susceptible a contaminantes químicos que puedan inhibir la actividad bacteriana.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes en la comunidad sirven cada a un sector de la comunidad para aliviar la carga de materia orgánica a tratar, sin embargo,

debido al crecimiento de la población han sobrepasado su capacidad inicial, lo que conlleva a la presencia de malos olores provocando malestar a los habitantes cercanos a las mismas.

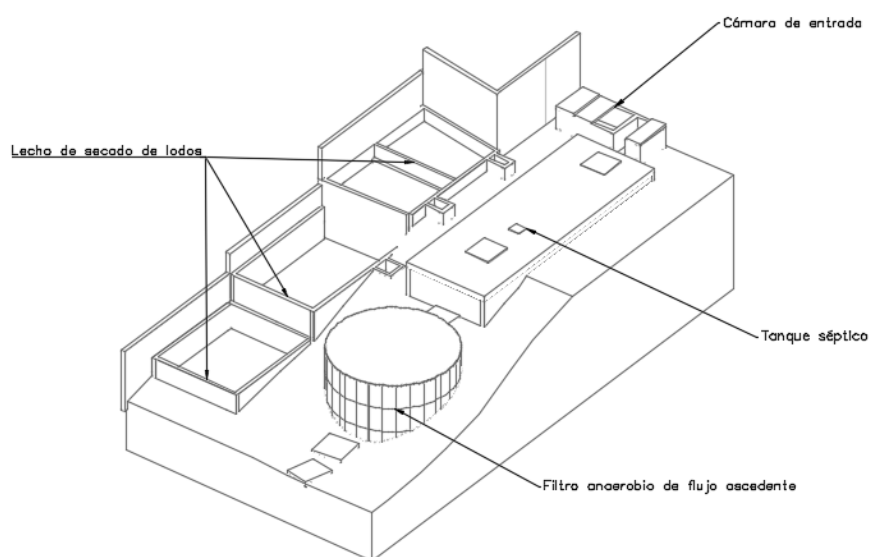
En este apartado se realiza un análisis de la capacidad de las PTAR actualmente, y la pronta necesidad de trasladar todo el sistema adecuadamente con el fin de no ocasionar problemas a los habitantes de sus alrededores.

### PTAR El Cementerio

Esta planta de tratamiento ubicada en las coordenadas son 2°56'13.28" latitud Sur, 78°55'21.05" longitud Oeste se encarga de parte de la población que se encuentra en el norte del centro parroquial.

#### Figura 2.5

*Esquema de PTAR El Cementerio.*



Nota: Esta Imagen es extraída de: (ETAPA EP, 2023).

En la parte de 13.7 de anexos, se observa una imagen general de la PTAR El Cementerio tomada durante una visita realizada a la misma.

### PTAR Los Laureles

Esta planta se encuentra ubicada en 2°56'24.96" latitud Sur, 78°55'37.55" longitud Oeste y se encarga de recolectar los residuos sanitarios de la población ubicada al sur del centro parroquial. Sin embargo, la población a la que sirve es menor dado que su densidad

poblacional es menor como se puede apreciar al contrastar las *Figura 2.3* y *Figura 2.4* mostradas anteriormente.

De igual manera, en la sección de 13.7 de anexos, se encuentran imágenes de la PTAR Los Laureles tomadas durante la respectiva visita.

### 3. Parámetros de diseño

#### 3.1. Trazado

La definición del trazado definitivo del interceptor se logró mediante diversas salidas A campo, realizadas en conjunto con ingenieros de ETAPA EP y representantes de la comunidad. Una vez establecido el trazado preliminar, se llevó a cabo un levantamiento topográfico a cargo de la empresa ETAPA, con el objetivo de definir con mayor precisión el recorrido del interceptor. El trazado definitivo, presentado en color azul en la *Figura 3.1*, fue determinado considerando las condiciones topográficas del área. Al final del trazado se presenta en color verde la ubicación de la nueva planta de tratamiento de aguas residuales.

#### Figura 3.1

Trazado definitivo del interceptor.



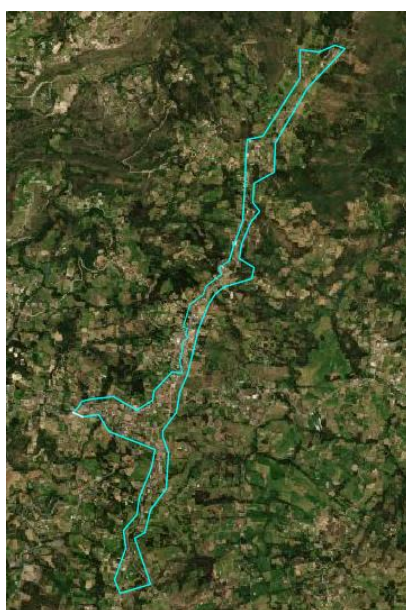
Es importante recalcar que, a lo largo de los tramos 1 al 31, se tiene prevista la construcción de la red de agua potable, por lo que es necesario definir cuidadosamente la profundidad del interceptor, garantizando que la tubería de aguas servidas se ubique a una cota de al menos 30 cm por debajo de dicha red. Esta misma condición se repite en los tramos comprendidos entre los pozos 41 y 55.

### 3.2. Área de servicio

Como se mencionó en el objetivo del presente Trabajo, se busca reubicar la PTAR de Santa Ana a un sitio que no afecte a la población por los olores producidos durante el tratamiento de las aguas residuales. La ubicación fue evaluada y seleccionada por el GAD Parroquial de Santa Ana tal y como se indica en la *Figura 3.1*. También se determinó la redirección de una fracción del caudal de aporte de la PTAR del Cementerio, aguas abajo hacia la PTAR de Los Laureles, sitio desde donde se transportarán las aguas residuales hacia la ubicación de la nueva PTAR. Para ello, se contempla el área de aporte actual de la PTAR de Los Laureles, una parte del área de aporte actual de la PTAR del Cementerio, y el área potencial adicional de servicio de la nueva PTAR. La delimitación del área de aporte consideró únicamente las viviendas ubicadas frente a la vía, ya que, debido a las condiciones topográficas del sector, no es viable prestar el servicio a las demás viviendas. El área contribuyente hasta la zona de la PTAR de Los Laureles, en donde inicia el interceptor, abarca un total de 57.8 hectáreas (ver *Figura 3.2*).

#### Figura 3.2

Área total de aporte hasta el inicio del interceptor.



El caudal actual que aporta a la PTAR del Cementerio no se desvía completamente, por lo que esta planta continuará en funcionamiento. No obstante, el área a la que prestará servicio se reduce significativamente, limitándose a 4.7 hectáreas.

### Figura 3.3

*Imagen satelital nueva zona de contribución PTAR Cementerio.*



### 3.3. Periodo de diseño

El período de diseño es el lapso durante el cual una obra o estructura puede funcionar de manera eficiente y sin necesidad de ampliaciones, cumpliendo con los requerimientos del sistema. El Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, en la norma (INEN CO 10.7 - 602, 1997), se establece un periodo de diseño de 20 años para obras civiles de los sistemas de agua potable o disposición de residuos líquidos.

### 3.4. Población de diseño

La estimación de la población es un elemento clave en el diseño de un sistema de alcantarillado, considerando el número proyectado de habitantes al final del período de diseño. Este cálculo, basado en la población inicial, se realiza mediante los métodos aritmético, geométrico y exponencial, seleccionando finalmente la población futura en función de factores económicos, geopolíticos y sociales que impactan los movimientos demográficos.

Para la estimación de la población de proyecto se consideraron los siguientes aspectos:

#### 3.4.1. Población inicial

Con respecto al número actual de habitantes en el área del proyecto, este se determinó a partir de un catastro de usuarios de las redes de alcantarillado asociadas a la PTAR Santa

Ana y la PTAR Los Laureles. Para este análisis, se identificaron y contabilizaron las viviendas ubicadas a una distancia máxima de 20 metros de las redes de alcantarillado existentes, utilizando imágenes satelitales de Bing a través de Civil 3D 2025. Esta información se complementó con el dato promedio de habitantes por vivienda, según el censo poblacional 2022 INEC. En el informe se registran 7027 habitantes y 2120 viviendas en la parroquia, dando en promedio 3.31 habitantes por vivienda.

La población actual aportante a cada PTAR se muestran a continuación en la *Tabla 3.1*:

**Tabla 3.1**

*Población aportante a cada PTAR.*

	<b>Cementerio</b>	<b>Los Laureles</b>
<b>No. viviendas en la zona de estudio</b>	189	156
<b>Población aportante actual</b>	627	518

Como se mencionó previamente, el objetivo general del proyecto es colocar en funcionamiento una nueva PTAR para el centro parroquial de Santa Ana, de forma que se unan las redes antiguas que daban servicio las PTAR del Cementerio y Los Laureles, tal como se muestra en la *Figura 3.2*. De esta manera, se busca ampliar el área de cobertura de los servicios de saneamiento y lograr el acceso a un mayor número de usuarios a la red de alcantarillado.

Teniendo en cuenta esta posible ampliación y desviando parcialmente el flujo aportante de la PTAR del Cementerio en dirección de la PTAR de Los Laureles, la población inicial para la proyección de la nueva cuenca sería según se muestra en la *Tabla 3.2*:

**Tabla 3.2**

*Población aportante con nueva configuración.*

	<b>Nueva cuenca de la PTAR del Cementerio</b>	<b>Los Laureles</b>
<b>No. viviendas en la zona de estudio</b>	67	433
<b>Población aportante</b>	223	1436

### 3.4.2. Tasa de crecimiento poblacional

Para localidades pequeñas, si no se dispone del índice de crecimiento poblacional específico, se debe utilizar el índice de crecimiento correspondiente a la parroquia. En caso de que este índice sea negativo o inferior al 1%, se debe considerar un valor mínimo de crecimiento del 1% (López, 2014).

Para realizar proyecciones poblacionales se utiliza la tasa de crecimiento obtenida de la población censada en la parroquia, basada en los datos de los censos del 2010 y del 2022.

**Tabla 3.3**

*Población censal de la parroquia Santa Ana.*

Datos censales	
Año	Población
2010	5366
2022	7027

Nota: Los datos censales fueron extraídos de: (INEC, 2010) y (INEC, 2022).

Las tasas de crecimiento poblacional obtenidas para cada método de proyección se muestran en la *Tabla 3.4*.

**Tabla 3.4**

*Tasas medias de crecimiento poblacional determinadas por diferentes métodos.*

Tasa media de crecimiento poblacional según el método de proyección		
Aritmético	Geométrico (%)	Exponencial (%)
2.58%	2.27%	2.25%

Nota: Se debe comparar las tasas medias de crecimiento poblacional calculadas con el valor sugerido en el VIII Censo de Población y VII de Vivienda.

Para este caso se adopta la tasa media de crecimiento geométrico anual correspondiente al período 2010-2022, para la parroquia Santa Ana, tal como se sugiere en el VIII Censo de Población y VII de Vivienda, cuyo valor es del 2,29%.

### 3.4.3. Métodos de cálculo

Según el Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 5 Parte 9-1:1992, Quinta Parte, sección 4, numeral 4.1.3.1: *“Para el cálculo de la población futura se harán las proyecciones de crecimiento utilizando por lo menos tres métodos conocidos (proyección aritmética, geométrica, incrementos diferenciales, comparativo, etc.) que permitan establecer comparaciones que orienten el criterio del proyectista. La población futura se escogerá finalmente tomando en consideración, aspectos económicos, geopolíticos y sociales que influyan en los movimientos demográficos.”.*

Para estimar la población futura del proyecto, es fundamental comprender su posible distribución, aunque cualquier método empleado solo proporcionará resultados aproximados, ya que predecir el crecimiento poblacional con precisión es prácticamente imposible. La selección del método más adecuado debe fundamentarse en el análisis de la información disponible, considerando las características y tendencias demográficas de la región en estudio.

Los modelos matemáticos usados para la proyección poblacional serán el aritmético, geométrico y exponencial, los cuales se describen a continuación en la *Tabla 3.5*.

**Tabla 3.5**

*Métodos de cálculo utilizados para determinar la población futura para el proyecto.*

Método	Fórmula
Aritmético	$Pf = P_0 \left( 1 + \frac{i \cdot t}{100} \right)$
Geométrico	$Pf = P_0 \left( 1 + \frac{i}{100} \right)^t$
Exponencial	$Pf = P_0 * e^{\frac{it}{100}}$

Los tres métodos de proyección fueron aplicados para la población inicial hacia los Laureles, los resultados se muestran a continuación en la *Tabla 3.6*.

**Tabla 3.6**

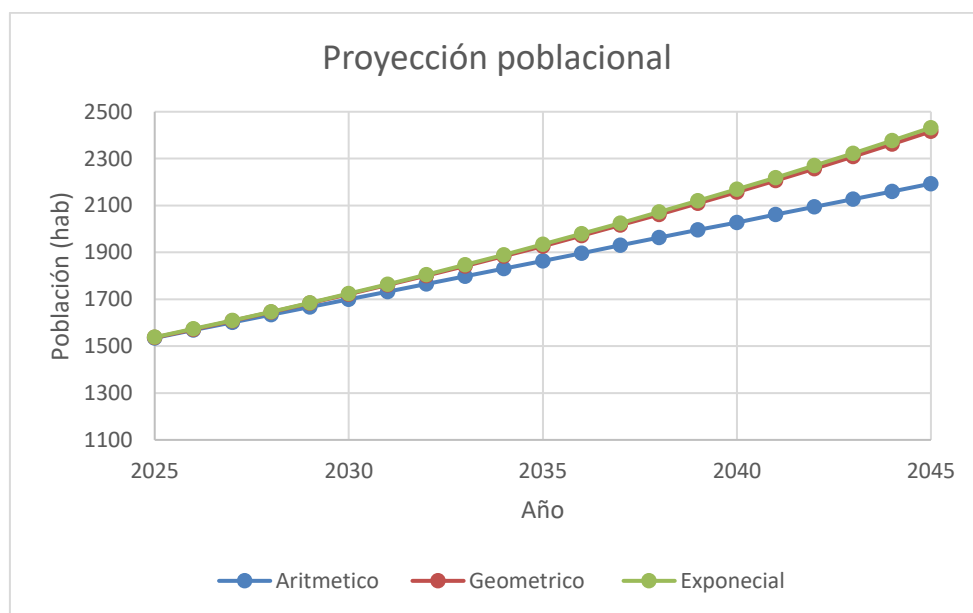
*Resultados de los métodos de proyección poblacional para los Laureles.*

Proyección Poblacional				
n	Año	Aritmético	Geométrico	Exponencial
0	2025	1535	1537	1538
1	2026	1568	1572	1574
2	2027	1601	1608	1610
3	2028	1634	1645	1647
4	2029	1667	1683	1685
5	2030	1700	1722	1724
6	2031	1732	1761	1764
7	2032	1765	1801	1805
8	2033	1798	1842	1847
9	2034	1831	1884	1890
10	2035	1864	1927	1934
11	2036	1897	1971	1979
12	2037	1930	2016	2025
13	2038	1963	2062	2072
14	2039	1996	2109	2120
15	2040	2028	2157	2169
16	2041	2061	2206	2219
17	2042	2094	2257	2270
18	2043	2127	2309	2323
19	2044	2160	2362	2377
20	2045	2193	2416	2432

Al analizar las proyecciones resultantes según los métodos aplicados, la tendencia entre ellos es similar, como se puede observar en la *Figura 3.4*.

**Figura 3.4**

*Proyección Poblacional Los Laureles.*



Se decide utilizar el método geométrico para estimar la población futura ya que este método se recomienda para poblaciones jóvenes con buena proyección de futuro, es decir que presentan un alto índice de crecimiento. La población de diseño se estima en 2416 habitantes.

### 3.5. Demanda y consumo de agua

#### 3.5.1. Dotación por consumo de agua potable

Se refiere al caudal promedio de agua potable consumido diariamente por cada habitante, considerando los usos doméstico, comercial, industrial y público. La dotación de agua potable para una determinada población es función principalmente de: nivel de vida, clima, condiciones socioeconómicas, productividad, facilidad de drenaje, calidad de agua, fuentes cercanas, entre otros (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Las dotaciones recomendadas según el Código de Práctica (CPE INEN 005-9-1, 1992) se detallan en la *Tabla 3.7*.

**Tabla 3.7**

*Dotaciones recomendadas.*

<b>POBLACIÓN (hab)</b>	<b>CLIMA</b>	<b>DOTACIÓN [l/hab/día]</b>
Pob < 5000	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 < Pob < 50000	Frío	180-220
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
Pob > 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Nota: Los datos de dotaciones fueron extraídos de: (CPE INEN 005-9-1, 1992).

La parroquia Santa Ana tiene un clima frío y se proyecta una población de diseño menor a 5000 habitantes por lo que se define una dotación de 120 l/hab/día.

Además, se debe tomar en cuenta las fugas, representando únicamente el agua neta disponible para el consumo. ETAPA EP establece un porcentaje de fugas del 25%, mientras que la norma CO 10.7 – 602 fija este valor en un 20%. Para el presente estudio se adopta un porcentaje de fugas del 20% debido a la baja complejidad del sistema.

### 3.5.2. Variaciones de consumo o coeficiente de retorno

Este coeficiente refleja la proporción del agua doméstica utilizada (dotación neta) que se transforma en aguas residuales y es conducida al sistema de recolección y evacuación. Su valor está determinado por diversos factores locales, como la ubicación y el tipo de vivienda, el estado de las calles (pavimentadas o no), las condiciones climáticas y otras características específicas de la región.

ETAPA EP considera en sus proyectos un coeficiente de 0.80 para áreas urbanas, considerando el mayor uso del agua en actividades no domésticas, mientras que para zonas dispersas y centros parroquiales se define un coeficiente de 0.90. Mientras que la ex EMAAP-Q (actualmente EPMAPS) define un coeficiente de retorno entre 0.7 – 0.8.

Se adopta el criterio de ETAPA EP de considerar un coeficiente de retorno de 0.80, dado que el estudio se circunscribe en la jurisdicción de ETAPA EP; además se observa un uso de agua para riego de cultivos en el área de estudio.

### 3.6. Contribuciones de aguas residuales

#### 3.6.1. Aportes domésticos

El caudal doméstico es el volumen de agua utilizado diariamente en actividades dentro de una vivienda. Este incluye el agua destinada a necesidades básicas como consumo humano, preparación de alimentos, higiene personal, limpieza, lavado de ropa y otras actividades relacionadas con el hogar.

El aporte doméstico viene dado por la ecuación (1)

$$Q_{dom} = \frac{Dot * P * k * (1 - f) * C}{84600} \quad (1)$$

Donde:

$Q_{dom}$ : caudal doméstico (l/s)

Dot: dotación (l/s/día)

P: población (habitantes)

k: coeficiente de mayoración

f: porcentaje de fugas

C: coeficiente de retorno

El factor de mayoración se determina utilizando la fórmula de Harmon, recomendada para poblaciones que oscilan entre mil y un millón de habitantes. Este factor se calcula mediante la siguiente expresión (2):

$$k = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} \quad (2)$$

### 3.6.2. Aporte de aguas de infiltración

La infiltración de aguas subsuperficiales, principalmente freáticas, en las redes de alcantarillado sanitario es inevitable. Esto ocurre a través de fisuras en las tuberías, juntas mal ejecutadas, uniones entre tuberías y pozos de inspección, y en las propias estructuras cuando no son totalmente impermeables (EPMAPS, 2023).

ETAPA EP recomienda un rango de infiltración de 0.1 a 0.50 l/s/km como referencia para sistemas de alcantarillado con un nivel medio de infiltración (ETAPA EP), considerando el valor superior de este intervalo como base de diseño.

### 3.6.3. Aporte de aguas ilícitas

Es necesario tener en cuenta los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, originados por conexiones inadecuadas de bajantes de techos y patios. Estos aportes dependen de la efectividad de las medidas implementadas para garantizar la calidad de las conexiones domiciliarias y de la existencia de sistemas adecuados para recolectar y evacuar aguas lluvias.

La EPMAPS establece que los aportes máximos generados por conexiones ilícitas al sistema pluvial en sistemas de baja complejidad pueden variar entre 0.2 l/s/ha y 2 l/s/ha. Por su parte, la norma RAS-2000 señala que, en poblaciones con sistemas de alcantarillado pluvial, el porcentaje de conexiones erróneas puede fluctuar entre el 0.1 l/s/ha y 0.2 l/s/ha, siendo más elevado en localidades pequeñas, donde las medidas de control suelen ser menos eficientes.

Se adopta en el presente estudio una tasa de 0,1 l/s/ha como el valor representativo de aguas ilícitas.

### 3.7. Criterios generales de diseño

La norma (CPE INEN 005-9-1, 1992) define los siguientes criterios generales de diseño:

- Los interceptores seguirán la pendiente natural del terreno. Se proyectarán como canales abiertos y se calcularán tramo por tramo.
- La red de alcantarillado sanitario se diseñará garantizando que todas las tuberías se ubiquen por debajo de las de agua potable, con una separación mínima proyectada de 0,3 m en tramos paralelos y 0,2 m en los cruces.
- Las tuberías de la red sanitaria se instalarán en el lado opuesto a las de agua potable, ubicándose generalmente al sur y al oeste del cruce de los ejes.
- Cuando la tubería deba soportar tránsito vehicular, para su seguridad se considerará un relleno mínimo de 1,2 m de alto sobre la clave del tubo.
- El diámetro mínimo para alcantarillado sanitario será de 0.2 m. Sin embargo, ETAPA EP recomienda un diámetro interno mínimo de la tubería de PVC de 0.27 m para evitar obstrucciones de la tubería en tramos de difícil acceso.
- El diseño hidráulico de las tuberías de alcantarillado puede realizarse utilizando la fórmula de Manning.

El diseño hidráulico de las tuberías de alcantarillado se realizará utilizando la fórmula de Manning y debe cumplir las siguientes condiciones:

- La solera de la tubería nunca forme gradas ascendentes.
- La gradiente de energía sea continua y descendente.
- El calado máximo de las aguas residuales en las tuberías no debe sobrepasar el 75% del diámetro.

Además, respecto a la configuración de los pozos de revisión, se establecen las siguientes consideraciones:

- Después de cada pozo de revisión, el interceptor de salida debe tener con un diámetro igual o mayor al del interceptor de entrada.
- Se deberá colocar un pozo de revisión en cambios de dirección, cambios de pendiente y en intersecciones.

- La distancia máxima entre dos pozos depende del diámetro de la tubería, como se muestra en la *Tabla 3.8*.

**Tabla 3.8**

*Distancias máximas entre pozos.*

<b>Diámetro de la tubería (mm)</b>	<b>Distancia máxima entre pozos (m)</b>
Menor a 350	100
400 – 800	150

Nota: Estos parámetros son extraídos de: (SENAGUA, 2015).

## 4. Caudales

### 4.1. Caudal actual a cada PTAR

Las cuencas de aporte actuales para cada planta de tratamiento de aguas residuales presentan las siguientes características: población atendida, longitud actual de la red de alcantarillado y área de aporte. Estos datos se resumen en la *Tabla 4.1*.

**Tabla 4.1**

*Características de las cuencas de aporte.*

	<b>N° viviendas</b>	<b>Población</b>	<b>Factor de mayoración de Harmon</b>	<b>Longitud de la red (km)</b>	<b>Área de aporte actual (ha)</b>
<b>Cementerio</b>	189	627	3.9	2.74	13.26
<b>Laureles</b>	156	518	4.0	2.50	14.22

Con base en los parámetros de diseño establecidos en el apartado 3 y las características descritas en la tabla anterior, se han calculado los aportes correspondientes al caudal doméstico, la infiltración y las aguas no autorizadas. Estos aportes determinan el caudal total que llega a cada PTAR, cuyos valores se detallan en la *Tabla 4.2*.

**Tabla 4.2**

*Aporte de caudal a cada PTAR.*

	<b>Caudal doméstico (l/s)</b>	<b>Caudal de infiltración (l/s)</b>	<b>Caudal de aguas ilícitas (l/s)</b>	<b>Caudal total (l/s)</b>
<b>Cementerio</b>	2.19	1.37	1.33	4.88
<b>Laureles</b>	1.83	1.25	1.42	4.50

## 4.2. Caudal de nueva de la PTAR del Cementerio

Dado que se propone direccionar parte del caudal que ingresa a la PTAR el Cementerio para ser transportado hasta la nueva PTAR ubicado en la comunidad de Auquilula, resulta de esta forma una cuenca de aporte más pequeña, la cual serviría de 61 viviendas actuales, por lo que el caudal que está destinado a la PTAR el Cementerio quedará reducido sustancialmente.

### 4.2.1. Caudal actual

La *Tabla 4.3* presenta las características de la nueva cuenca de aportes de la PTAR del Cementerio, incluyendo la población actual, el número de viviendas, el factor de mayoración, la longitud de la red (en kilómetros) y el área de aporte actual (en hectáreas).

**Tabla 4.3**

*Características de la nueva cuenca de aporte PTAR Cementerio.*

	<b>N° viviendas</b>	<b>Población</b>	<b>Factor de mayoración</b>	<b>Longitud de la red (km)</b>	<b>Área de aporte actual (ha)</b>
<b>Nueva cuenca del Cementerio</b>	67	223	4.1	1.27	4.74

Con esta información, se calcula el caudal total que aportaría la nueva cuenca a la PTAR del Cementerio. Los detalles de este cálculo, que incluyen el caudal doméstico, el caudal de infiltración, el caudal de aguas ilícitas y el caudal total, se presentan en la *Tabla 4.4*.

**Tabla 4.4**

*Caudal de aporte estimado de la nueva cuenca de aporte PTAR Cementerio.*

	<b>Caudal doméstico (l/s)</b>	<b>Caudal de infiltración (l/s)</b>	<b>Caudal de aguas ilícitas (l/s)</b>	<b>Caudal total (l/s)</b>
<b>Nueva cuenca del Cementerio</b>	0.82	0.64	0.47	1.93

#### 4.2.2. Caudal futuro

Debido a las condiciones topográficas de la zona, no se considera viable la ampliación del área de aporte ni de la red de alcantarillado existente. Sin embargo, dado el posible incremento en la densidad poblacional, se realiza una proyección para un periodo de diseño de 20 años, como se detalla en el apartado 2. Las características proyectadas de la zona se presentan en la *Tabla 4.5*.

**Tabla 4.5**

*Características futuras de la nueva cuenca de aporte. PTAR Cementerio.*

	<b>Población</b>	<b>Factor de mayoración</b>	<b>Longitud de la red (km)</b>	<b>Área de aporte actual (ha)</b>
<b>Nueva cuenca del Cementerio</b>	378	4.0	1.27	4.74

A partir de esta información, se determina el caudal total que la nueva cuenca aportaría a la PTAR del Cementerio. Los resultados de los cálculos se detallan en la *Tabla 4.6*.

**Tabla 4.6**

*Caudales futuros estimados de la nueva cuenca de aporte. PTAR Cementerio.*

	<b>Caudal doméstico (l/s)</b>	<b>Caudal de infiltración (l/s)</b>	<b>Caudal de aguas ilícitas (l/s)</b>	<b>Caudal total (l/s)</b>
<b>Nueva cuenca del Cementerio</b>	1.36	0.64	0.47	2.47

### 4.3. Caudal de diseño del interceptor

Tras considerar las posibles ampliaciones de la red de alcantarillado en las zonas del Cementerio y Los Laureles, se determinaron las características actualizadas de estas áreas. Los resultados se resumen en la *Tabla 4.7*.

**Tabla 4.7**

*Características ampliadas, cuenca de aporte Los Laureles.*

	<b>Población</b>	<b>Factor de mayoración</b>	<b>Longitud de la red (km)</b>	<b>Área de aporte actual (ha)</b>
<b>Nueva cuenca del Cementerio</b>	2416	3.5	8.45	57.88

Una vez identificadas las características de la zona que aporta hacia la zona de los Laureles, se puede calcular el caudal total que la cuenca de aporte de la nueva PTAR. Este cálculo incluye el caudal doméstico, el caudal por infiltración y el caudal de aguas ilícitas. Los resultados se detallan en la *Tabla 4.8*.

**Tabla 4.8**

*Caudal doméstico, ilícito, infiltración y total para la Nueva cuenca del Cementerio.*

	<b>Caudal doméstico (l/s)</b>	<b>Caudal de infiltración (l/s)</b>	<b>Caudal de aguas ilícitas (l/s)</b>	<b>Caudal total (l/s)</b>
<b>Nueva cuenca del Cementerio</b>	7.56	4.22	5.79	17.57

El caudal que llega a la altura de la PTAR de los Laureles y en donde comienza el colector tiene un caudal de diseño de 17.57 l/s.

## 5. Análisis de eficiencia de las plantas de tratamiento

### 5.1. Estado actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales

En base a datos obtenidos por medio de levantamientos topográficos, los cuales se muestran en la sección 13.8 de los anexos, a cargo de ETAPA EP se ha logrado detallar las

dimensiones de los elementos que conforman las plantas de tratamiento de aguas residuales actuales, una vez estipuladas las dimensiones se procede con el análisis de eficiencia del sistema de tratamiento primario.

### 5.1.1. Análisis de Tanque séptico

En la *Tabla 5.1*, se muestran los datos actuales de las medidas y capacidad de los tanques sépticos disponibles en las locaciones de El Cementerio y Laureles.

**Tabla 5.1**

*Dimensiones Tanque séptico. PTAR El Cementerio, Laureles.*

Tanque Séptico		
Dimensiones	Cementerio	Laureles
L (m)	10	10
B (m)	3.4	3.5
h (m)	2	2
A transv (m <sup>2</sup> )	6.8	7
V (m <sup>3</sup> )	68	70
Q (l/s)	4.88	4.50

Para el análisis de la eficiencia del tanque séptico actual se realiza una comparación entre el volumen disponible del tanque y el teórico necesario para la población existente.

Según la Norma Técnica Brasileña NBR 7229/1993, capítulo 5, sección 7: “*Dimensionamiento do tanque séptico*”, el volumen del tanque debe ser calculado por la formula (3):

$$V = 1000 + N(CT + KL_f) \tag{3}$$

Donde:

V: volumen

N: número de personas o unidades de contribución.

C: contribución de desperdicios, en litros por persona por día.

T: periodo de retención, en días.

K: tasa de acumulación de lodo digerido en días, equivalente al tiempo acumulado de lodo fresco.

L<sub>f</sub>: contribución de lodo fresco, el litro/persona x día o en litro/unidad x día.

Para hallar el valor de C, es necesario especificar el tipo de vivienda y su ocupación, siendo el caso de viviendas del sector rural se toma la entrada de la *Tabla 5.2*.

**Tabla 5.2**

*Contribución diaria de desperdicios (C) y de lodo fresco (Lf) por tipo de edificio y ocupante.*

Edificio	Unidad	Contribución de aguas residuales (C) y lodo fresco (Lf)	
		C	Lf
<b>1. Ocupantes permanentes</b>			
- Residencia			
estándar alto	Persona	160	1
estándar medio	Persona	130	1
estándar bajo	Persona	100	1
- hotel (excepto lavandería e cocina)	Persona	100	1
- alojamiento provisional	Persona	80	1
<b>2. Ocupantes temporales</b>			
- fábrica en general	Persona	70	0.3
- oficina	Persona	50	0.2
- edificios públicos o comerciales	Persona	50	0.2
- escuelas (internados) y lugares de larga permanencia	Persona	50	0.2
- bares	Persona	6	0.1
- restaurantes y similares	Comida	25	0.1
- cines, teatros y lugares de corta permanencia	Asiento	2	0.02
- sanitarios públicos <sup>(A)</sup>	Inodoro	480	4

<sup>(A)</sup> Apenas de acceso abierto al público (estación de autobuses, estación de tren, espacio público, estadio deportivo, etc. etc.).

Nota: Esta Tabla es extraída de: (Comitê Brasileiro de Construção Civil, 1993).

Este estudio corresponde al caso de: Ocupantes permanentes con residencia y estándar bajo.

Se obtiene el valor de C = 100, y Lf = 1, para las dos plantas de tratamiento.

A partir del caudal sanitario que llega a cada planta, se obtienen los tiempos de retención en la *Tabla 5.3*, de 0.5 días.

**Tabla 5.3**

*Tiempo de retención de los vertidos, por rango de distribución diaria.*

Contribución diaria (L)	Tempo de retención	
	Días	Horas
Hasta 1500	1.00	24
De 1501 a 3000	0.92	22
De 3001 a 4500	0.83	20
De 4501 a 6000	0.75	18
De 6001 a 7500	0.67	16
De 7501 a 9000	0.58	14
Más que 9000	0.50	12

Nota: Esta Tabla es extraída de: (Comitê Brasileiro de Construção Civil, 1993).

Para el valor de K, se toma en cuenta el intervalo entre limpiezas al año, para el caso de las PTAR de la comunidad al no contar con una programación establecida se toma un valor de 2 en promedio, puesto que no se cuenta con un programa de limpieza específico, y la temperatura mínima detallada anteriormente como 16°C, como entradas de la *Tabla 5.4*.

**Tabla 5.4**

*Tasa de acumulación total de lodo (K), en días, según el intervalo entre limpiezas y la temperatura del mes más frío.*

Intervalo entre limpiezas (años)	Valores de K según el rango de temperatura ambiente (t), en °C		
	t ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	215	185	177
5	254	225	217

Nota: Esta Tabla es extraída de: (Comitê Brasileiro de Construção Civil, 1993).

En consecuencia, se toma un valor para el parámetro K de 105.

Una vez calculados los valores necesarios, se ingresan a la Ecuación (3), de Volumen de tanque.

**Tabla 5.5**

*Parámetros de cálculo necesarios para la obtención del volumen.*

Parámetro	Cementerio	Laureles
<b>C</b>	100	100
<b>N</b>	627	518
<b>Temp. (°C)</b>	16	16
<b>Contribución diaria (L)</b>	62700	51800
<b>T (días)</b>	0.50	0.50
<b>Lf</b>	1	1
<b>K</b>	105	105

Comparando con el volumen disponible de la planta se tiene que:

**Tabla 5.6**

*Análisis Demanda capacidad de cada tanque séptico.*

Dimensiones	Cementerio	Laureles
V (l)	98185	81290
V (m3)	98.2	81.3
	Cementerio	Laureles
D/C	144.4%	116.1%

Como se puede apreciar en la Tabla anterior la relación D/C, demanda – capacidad, es superior al 100% indicando que excede la capacidad de cada uno de los tanques actuales.

Por esta razón se propone una redistribución de caudal sanitario hacia la nueva localización de la próxima PTAR ubicada en Auquilula.

## 5.2. Estado futuro de la PTAR del Cementerio

En la *Tabla 5.7* se muestra los nuevos parámetros de la PTAR El Cementerio.

**Tabla 5.7**

*Dimensiones Tanque séptico. PTAR El Cementerio. Nueva cuenca.*

Tanque Séptico	
Dimensiones	Cementerio
L (m)	10
B (m)	3.4
h (m)	2
A transv (m2)	6.8
V (m3)	68
Q (l/s)	2.47

Dado que se desvía gran parte del caudal, la población aportante  $N$  disminuye por lo que el aporte de caudal es menor, sin embargo, los parámetros de contribución  $C$ , temperatura y  $L_f$  y  $K$  se mantienen constantes. Como se puede evidenciar en la siguiente *Tabla 5.8*:

**Tabla 5.8**

*Parámetros de cálculo necesarios para la obtención del volumen. Nueva cuenca.*

C	100
N	374
Temp. (°C)	16
Contribución diaria (l/día)	37400
T (días)	0.50
$L_f$	1
K	105

Por lo que, el volumen teórico necesario es menor y la relación demanda – capacidad tienen los valores mostrados en la *Tabla 5.9*.

**Tabla 5.9**

*Análisis Demanda capacidad del tanque séptico El Cementerio. Nueva cuenca.*

Dimensiones	Cementerio
V (l)	59590
V (m3)	59.59
	<b>Cementerio</b>
D/C	87.63%

Esta redistribución de caudal permite a la PTAR El Cementerio, operar de manera eficiente dentro de sus capacidades por un periodo extendido.

## 6. Fundamentos hidráulicos

### 6.1. Ecuación de Manning para flujo en canales abiertos

En el diseño hidráulico de canales abiertos se utiliza con mayor frecuencia la ecuación de Manning, puesto que contiene una útil relación entre elementos geométricos del conducto; así como de sus propiedades tanto del flujo, del medio como son el caudal (Q), la rugosidad (n), y la pendiente (S) (Ven Te Chow, Hidraulica de Canales Abiertos, 2004).

$$Q = \frac{1}{n} \cdot AR^{2/3} \sqrt{S} \tag{4}$$

Donde:

Q: caudal medio ( $m^3/s$ )

A: Área transversal ( $m^2$ )

R: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente longitudinal (m/m)

n: Coeficiente de Manning

El valor del coeficiente de rugosidad de Manning esta enteramente relacionado con el tipo de tubería que se decida emplear, es el caso de concreto cuyo valor es de 0.014, acero galvanizado con 0.016, sin embargo, en este proyecto por preselección de ETAPA EP se procede a utilizar materiales termoplásticos, PVC.

Las tuberías de PVC poseen algunas ventajas como un coeficiente de rugosidad menor ( $n=0.011$ ), mayor impermeabilidad y permitir el flujo a mayores velocidades, es decir, mayor capacidad hidráulica (ETAPA EP, 2023).

## 6.2. Relaciones hidráulicas

Para diseñar un sistema de alcantarillado, se debe determinar las propiedades del flujo que se va a conducir, esto es caudal, velocidad, calado y radio hidráulico. Para esto algunos autores han desarrollado e implementado tablas que, con el fin de reducir los cálculos a realizar, se basan en las propiedades hidráulicas de tuberías de sección circular y están en función de la relación entre el calado y el diámetro de la tubería, estos se utilizan de manera recurrente para diseñar una red de alcantarillado.

En la *Tabla 13.1* se muestran varios valores que corresponden a relaciones hidráulicas entre las características geométricas de una tubería circular el calado de sección parcialmente llena. Por recomendación de ETAPA EP se utilizará un diámetro de tubería de 315 mm, y las propiedades hidráulicas de la sección parcialmente llena.

Según lo mencionado antes, en la segunda columna se encuentra la relación “ $y/D$ ”, la cual hace referencia al llenado de la tubería por parte del fluido, en este caso entre mayor sea esta relación, más llena se encontrará el conducto.

En la segunda columna se encuentra el factor “ $k4$ ”. En base a (Sotelo, Hidráulica de Canales., 2002), se debe imponer un diámetro inicial (preferiblemente comercial) de tubería y con este valor se determina el factor “ $k4$ ”, el cual se rige bajo la Ecuación (5) de la correspondiente *Tabla 13.1*:

$$k4 = \frac{Q * n}{\sqrt{s} * D^{8/3}} \quad (5)$$

Con este factor, de forma horizontal y siguiendo los valores de la *Tabla 13.1* se obtiene el valor del factor “ $k1$ ” y se puede despejar el área que representa el flujo en la tubería según se indica en la Ecuación (6):

$$k1 = \frac{A}{D^2} \quad (6)$$

En la siguiente columna se encuentra el factor “ $k2$ ”, en el cual se relaciona el diámetro de la tubería con el perímetro mojado, esto según la Ecuación (10):

$$k_2 = \frac{P}{D} \quad (7)$$

En la penúltima columna se encuentra el factor “k3”, en este se encuentra la relación entre el diámetro de la tubería y el espejo del agua mediante la Ecuación (11):

$$k_3 = \frac{T}{D} \quad (8)$$

De estas relaciones también se puede obtener el radio hidráulico ( $R_H$ ), en caso de que se requiera, este se calcula con la siguiente Ecuación (9):

$$R_H = \frac{A}{P} \quad (9)$$

Una vez se tiene el valor del área que ocupa el líquido dentro de la tubería y su respectivo caudal, se calcula la velocidad y se verifica que se encuentre dentro del rango de funcionamiento correcto de forma que no se presenten inconvenientes en el funcionamiento de la conducción.

En caso de que la velocidad se encuentre fuera de los rangos permitidos, se debe cambiar el diámetro de la tubería o también la pendiente de la conducción cuidando siempre que se cumpla la profundidad mínima de la clave de la tubería (EPMAPS, 2023).

### 6.3. Pendiente máxima y mínima

La pendiente se puede definir como la relación entre el desnivel en la distancia vertical y la distancia horizontal en la que ésta se desarrolla. Dado que en los sistemas de alcantarillado la pendiente depende en su mayoría de la topografía del terreno para evitar el aumento de costos de construcción por los movimientos de tierra que deben realizarse.

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x} \cdot 100 \quad (10)$$

Donde:

S: Pendiente

$\Delta y$ : Desnivel

$\Delta x$ : Distancia horizontal

### 6.3.1. Pendiente máxima

La pendiente máxima para implementar está relacionada de manera directa con la velocidad máxima admisible de la red de alcantarillado.

### 6.3.2. Pendiente mínima

En un sistema de alcantarillado se debe cumplir la condición de autolimpieza del sistema, para esto se debe tener en cuenta el concepto de tensión tractiva, o esfuerzo cortante necesario para el arrastre de partículas sólidas presentes en el flujo en un sistema de alcantarillado sanitario.

En cada tramo debe cumplirse la condición que el esfuerzo cortante mínimo debe ser superior a  $1.0 \text{ N/m}^2$  para garantizar la condición de tubería autolimpiante. Para pendientes pequeñas se indica que el esfuerzo cortante se calcula con la siguiente ecuación. (López Cualla, 2006).

$$\tau = \gamma R_H S \quad (11)$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante medio

$\gamma$ : Peso específico del agua

$R_H$ : Radio hidráulico de la sección de flujo

$S$ : Pendiente de la tubería

### 6.4. Velocidad de diseño

La velocidad mínima debe ser adecuada para prevenir la sedimentación de partículas dentro de los interceptores. Según la norma (EPMAPS, 2023), se establece un valor mínimo de diseño de  $0.6 \text{ m/s}$ , condición que se cumplirá para el diseño. Por otro lado, las velocidades máximas deben evitarse, ya que pueden causar erosión en la tubería. La velocidad máxima permitida varía según el material de la tubería, y las recomendaciones específicas de la norma se detallan a continuación en la *Tabla 6.1*.

Tabla 6.1

Velocidades máximas según el tipo de material.

Material	Velocidad máxima (m/s)
Tubería de hormigón simple hasta 60 cm de diámetro	4.5
Tubería de hormigón armado de 60 cm de diámetro o mayores	6.0
Hormigón armado en obra para grandes conducciones 210/240 kg/cm <sup>2</sup>	6 – 6.5
Hormigón armado en obra 280/350 kg/cm <sup>2</sup> .Grandes conducciones	7 – 7.5
PEAD, PVC, PRFV	7.50
Acero	9.0 o mayor
Hierro dúctil o fundido	9.0 o mayor

Nota: Esta información es extraída de: (EPMAPS, 2023).

Se establece una velocidad máxima de 7.5 m/s.

### 6.5. Pérdidas de energía

En los pozos de revisión existe la conexión entre dos tuberías, al empatar la de aguas arriba con la de aguas abajo se generan pérdidas de energía, estas se dividen en dos: Pérdidas de energía por cambio de dirección y pérdidas de energía por la unión o transición entre las dos tuberías debido a que existe una variación en la altura de velocidad entre los dos conductos (López Cualla, 2006). Estas pérdidas de energía se describen mediante la Ecuación (12):

$$\Delta H_e = \Delta H_d + \Delta H_t \quad (12)$$

Donde:

$\Delta H_e$ : Es la pérdida total de energía generada en la conexión entre las dos tuberías.

$\Delta H_d$ : Es la pérdida de energía por cambio de dirección.

$\Delta H_t$ : Es la pérdida de energía por la unión o transición entre los dos conductos.

La pérdida de energía por cambio de dirección se clasifica según si el flujo tiene un régimen supercrítico o subcrítico. Su valor depende del radio de curvatura del pozo de revisión ( $r_c$ ) y del diámetro de la tubería aguas abajo ( $D_s$ ) tal y como se indica en la Ecuación (13) (López Cualla, 2006):

$$\Delta H_d = k V^2 / 2g \quad (13)$$

Donde:

$k$ : Es un factor que multiplica a la pérdida de energía y el valor que adquiere se encuentra en la T...

$V$ : Es la velocidad promedio entre la tubería de entrada y de salida.

**Tabla 6.2**

*Pérdida de energía por cambio de dirección.*

Régimen de flujo	$r_c/D_s$	$\Delta H_d$
Subcrítico	1.0 – 1.5	$0.40 V^2 / 2g$
	1.5 – 1.3	$0.20 V^2 / 2g$
	>3.0	$0.05 V^2 / 2g$
Supercrítico	6.0 – 8.0	$0.40 V^2 / 2g$
	8.0 – 10.0	$0.20 V^2 / 2g$
	>10.0	$0.05 V^2 / 2g$

Nota: Según (López Cualla, 2006) no se recomienda trabajar con valores menores a 1.0 para la relación ( $r_c/D_s$ ) debido a la alta pérdida de energía cinética producida. Esta tabla es extraída de: (López Cualla, 2006).

Las pérdidas de energía debido a la unión de tuberías se producen a causa de una variación en la velocidad, ya sea por un cambio de diámetro, pendiente o por un incremento de caudal. La expresión (14) que las define se encuentra a continuación (López Cualla, 2006):

$$\Delta H_t = k \left| \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right| \quad (14)$$

Donde:

$k$ : Es el factor que multiplica a la pérdida de energía, le corresponde un valor de 0.1 si aumenta la velocidad y 0.2 si esta disminuye.

$V_2$ : Es la velocidad de la tubería de salida del pozo.

$V_1$ : Es la velocidad de la tubería de entrada al pozo.

## 7. Diseño del interceptor sanitario

El diseño del interceptor se realizó considerando tres diámetros diferentes para comparar el comportamiento del flujo de agua en distintos escenarios considerando tubos perfilados de PVC rígido de pared estructurada e interior lisa y accesorios para alcantarillado descritos en la norma NTE INEN 2 059.2010:

- Tubería tipo A1 de diámetro nominal interior de 0.2 m, diámetro mínimo según lo establecido por la norma CPE INEN 005-9-1 (1992).
- Tubería tipo B de diámetro exterior nominal de 0.315 m y diámetro interior medio mínimo de 0.27 m, diámetro mínimo recomendado por ETAPA EP.
- Tubería tipo A1 de diámetro nominal interior de 0.3 m, para evaluar condiciones de mayor capacidad.

El caudal utilizado para el diseño corresponde al caudal sanitario estipulado por la norma, el cual define la geometría del trazado. Se adoptó como geometría definitiva para el interceptor, la definida por la tubería de 0.27 m, al ser el valor intermedio entre los diámetros evaluados. Para los diámetros de 0.2m y 0.3m se verificó el cumplimiento de velocidades mínimas y máximas permitidas, así como de las relaciones Y/D mínima y máxima establecidas por la norma.

### 7.1. Ejemplo de diseño de un tramo del interceptor

Para el diseño del interceptor que corresponde a una conducción con tubería de diámetro de 0.27 m, primero se calcula el caudal de diseño que corresponde a cada tramo de análisis. Este se divide en caudal doméstico, ilícito e infiltración como ya se menciona en la sección 3.6. A continuación, se explican ciertas consideraciones particulares que existen en el diseño de este interceptor.

Para calcular el caudal doméstico, primero se considera que las áreas tributarias se determinan en un intervalo de longitud aproximado de 100 metros; se realiza de esta forma ya que ciertos tramos son demasiado cortos debido la topografía del área de estudio. Como ya se ha mencionado antes, existe una futura posible área de servicio aguas arriba y es por esta razón que se considera un área de aporte inicial igual a 57.88 ha a la cual le corresponde una población inicial proyectada de 2416 habitantes y una densidad poblacional futura de 19 habitantes por cada hectárea según se evidencia en la *Tabla 7.1*.

En el caudal de infiltración, al igual que en el caso del caudal doméstico, existe una consideración a tomar en cuenta, debido al posible incremento de área de servicio aguas arriba, se tiene en cuenta una longitud inicial de 8.45 km correspondiente a la zona descrita (ver en la *Tabla 7.1*).

**Tabla 7.1**

*Parámetros iniciales para el diseño del interceptor.*

Parámetro	Valor	Unidad
<b>C</b>	0.8	
<b>Fugas</b>	0.2	
<b>Dotación</b>	120	l/hab/día
<b>Densidad poblacional futura</b>	19	hab/ha
<b>Área inicial</b>	57.88	ha
<b>Población inicial</b>	2416	hab
<b>n</b>	0.011	
<b>Long inicial</b>	8.45	Km

Para el caudal doméstico utilizando la Ecuación (1) y con las respectivas consideraciones realizadas en la sección 3.6, para el primer tramo se obtienen los siguientes caudales sanitarios (*Tabla 7.2*).

**Tabla 7.2**

*Caudales sanitarios de aportes para el diseño del interceptor.*

Pozo		Caudal doméstico			Caudal infiltración			Caudal de aguas ilícitas
De	A	Población	Factor de mayoración	Qdom (l/s)	Longitud de la red parcial (m)	Longitud de la red total (km)	Qinf (l/s)	Qilic (l/s)
1	2	2426	3.5	7.55	25.25	8.47	4.24	5.84

Mientras que el caudal de diseño corresponde a la suma de los tres mencionados en la *Tabla 7.2*, el resultado se observa a continuación:

**Tabla 7.3**

*Caudal de diseño para el primer tramo del interceptor.*

Pozo		Caudal de diseño	
De	A	l/s	m3/s
1	2	17.62	0.0176

Ahora, se procede a realizar el cálculo hidráulico para determinar el diámetro necesario para este caudal de diseño. Primero se considera una pendiente inicial equivalente a la del desnivel existente en el tramo de la carretera. Luego se calcula el diámetro teórico de la tubería, este considerando que trabaja a sección llena ( $y/D = 1$ ), se utiliza la siguiente Ecuación (15):

$$D = 1.5483 * \left(\frac{Q * n}{\sqrt{s}}\right)^2 \tag{15}$$

$$D = 1.5483 * \left(\frac{0.0176 * 0.011}{\sqrt{0.063}}\right)^2$$

$$D = 0.105 \text{ m}$$

Se impone un diámetro comercial de tubería que sea mayor al teórico, 0.27m en este caso, y con este valor se determina el factor “k4”, según lo indicado en la sección 6.2. Relaciones hidráulicas.

$$k4 = \frac{0.0176 * 0.011}{\sqrt{0.063 * 0.27^{8/3}}}$$

$$k4 = 0.0254$$

Al obtener el factor k4, horizontalmente en la *Tabla 13.1* se observa que existe un valor designado para la relación “y/D”, por lo tanto, se obtiene el calado del flujo.

$$y/D = 0.22$$

$$y = 0.22 * 0.27$$

$$y = 0.05 \text{ cm}$$

Con este factor, se obtiene el valor del factor k1 de la *Tabla 13.1* y se despeja el área que representa el flujo en la tubería de la Ecuación (6):

$$0.1118 = \frac{A}{0.27^2}$$

$$A = 0.008 \text{ m}^2$$

Una vez conocida el área de la sección de la tubería, se puede obtener la velocidad, dividiendo el caudal para el área y de esta forma comprobar si se cumple con los requisitos mínimos y máximos. A continuación, se presentan los resultados en la *Tabla 7.4*:

$$v = \frac{0.0176}{0.008}$$

$$v = 2.16 \text{ m/s}$$

**Tabla 7.4**

*Cálculo de la velocidad del tramo comprendido entre el Pozo 1 y 2.*

Pozo		Pendiente	Diámetro teórico	Diámetro comercial	k4	Y/D	k1	Área	Velocidad
De	A	S diseño (m/m)	(m)	(m)				m2	m/s
1	2	0.063	0.105	0.270	0.0254	0.2	0.1118	0.008	2.16

Finalmente se aplica el mismo procedimiento, pero en este caso para las condiciones más desfavorables (relación  $y/D = 0.75$ ). En este caso lo que se busca comprobar es que la capacidad de la tubería sea tal que para condiciones extremas las velocidades o caudales no provoquen daños en la misma o que el sistema no funcione de forma eficiente. En la *Tabla 7.5*.

**Tabla 7.5**

*Cálculo de la velocidad y caudal al 75% para el tramo entre Pozos 1 y 2.*

Pozo		Y/D	k1 (75)	k4 (75)	Área	Caudal al 75%	Velocidad al 75%
De	A				m2	m3/s	m/s
1	2	0.75	0.6319	0.2842	0.046	0.20	4.28

Se puede observar que la velocidad de funcionamiento tiene un valor de 2.16 m/s, mientras que en el caso más desfavorable (al 75%) es de 4.28 m/s; estos valores están dentro del rango establecido en la sección 6.4.

## 8. Evaluación del interceptor en época lluviosa

### 8.1. Hidrograma de crecida

Para determinar el hidrograma de crecida se emplea la metodología SCS actualmente denominada como NRCS. Para ello se necesita primero determinar los siguientes parámetros de la cuenca hidrográfica: Área de la cuenca, longitud de drenaje y pendiente media de escurrimiento.

Primero se determina el tiempo de concentración de la cuenca mediante la Ecuación de Kirpich (16):

$$T_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad (16)$$

Donde:

$T_c$ : Es el tiempo de concentración en horas.

L: Es la longitud de drenaje en metros.

S: Es la pendiente ponderada de escurrimiento.

Ahora se determina el tiempo de retardo ( $T_r$ ), el cual se define como el tiempo de demora durante una precipitación para que se forme un movimiento estacionario y la escorrentía es aportada por toda el área de la cuenca. Está en función del tiempo de concentración, se expresa en horas y se lo calcula con la siguiente Ecuación (17):

$$T_r = 0.6T_c \quad (17)$$

Se calcula el tiempo de duración de la lluvia ( $d_e$ ) en función del tiempo de concentración (18):

$$d_e = 2\sqrt{T_c} \quad (18)$$

Se determina el tiempo pico de la precipitación ( $T_p$ ) con la siguiente expresión (19):

$$T_p = \frac{d_e}{2} + T_r \quad (19)$$

Se calcula un tiempo base ( $T_b$ ) como se indica a continuación (20):

$$T_b = \frac{8}{3}T_p \quad (20)$$

Con este último parámetro, se obtiene un caudal pico con la siguiente Ecuación (21):

$$Q_p = 0.208 \frac{A_c}{T_p} \quad (21)$$

Donde:

$Q_p$ : Caudal pico en unidades de  $(m^3/s/mm)$

$A_c$ : Área de la cuenca en  $(km^2)$ .

Se forma el hidrograma unitario adimensional según el método SCS en el cual se especifican valores estándares de Tiempo y Caudal tal y cómo se indican en la *Hidrograma de crecida*

**Tabla 13.2.**

Ahora se determina la intensidad de la precipitación para un periodo de retorno de 5 años mediante la siguiente Ecuación (22):

$$i = \frac{A}{(t + C)^B} \quad (22)$$

Donde:

Los coeficientes de A, B y C se encuentran en función del periodo de retorno y sus valores se encuentran en la *Tabla 13.3*.

La precipitación (P) se obtiene de multiplicar la intensidad por el tiempo de duración de la lluvia como se expresa a continuación (23):

$$P = i d_e \quad (23)$$

Se calcula la precipitación efectiva ( $P_e$ ) en (mm) según la siguiente expresión (24):

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (24)$$

Donde:

S: Es la diferencia potencial máxima entre la precipitación y el escurrimiento y se calcula con la siguiente ecuación (25).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (25)$$

Donde:

CN: Es el número de curva y depende del tipo de suelo y cobertura vegetal de la cuenca. Se lo determina según la *Tabla 13.4*.

Para obtener el hidrograma de crecida, se multiplica cada valor de tiempo del hidrograma unitario adimensional por el tiempo pico. Mientras que como se observa en la segunda columna de la Tabla 8.1, se tienen los valores adimensionales de caudal del hidrograma unitario multiplicados por el caudal pico. Finalmente, estos últimos valores mencionados se multiplican por la precipitación efectiva para obtener los caudales de crecida como se evidencia en la tercera columna de la tabla anteriormente mencionada. Al pozo de derivación, donde inicia el interceptor, también llega un caudal sanitario que, al sumarse al caudal de agua lluvia, permite obtener el hidrograma del caudal combinado en este punto. Este hidrograma se presenta en la cuarta columna de la Tabla 8.1, se representa gráficamente en la Figura 8.1, aquí se puede observar que el caudal combinado máximo que llega a este punto es de 0.491 m<sup>3</sup>/s, alcanzado a las 1.68 horas desde el inicio del evento de lluvia.

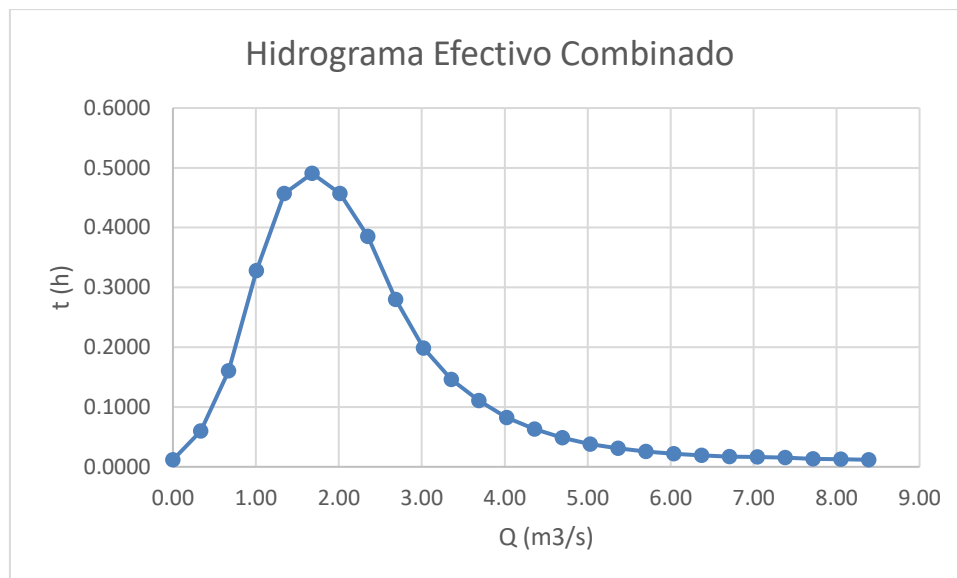
**Tabla 8.1**

*Valores de tiempo y caudal del Hidrograma efectivo.*

t (h)	Q(m <sup>3</sup> /s/mm)	Q(m <sup>3</sup> /s)	Qcombinado (m <sup>3</sup> /s)
0.00	0.00	0.0000	0.0118
0.34	0.00	0.0479	0.0597
0.67	0.01	0.1485	0.1602
1.01	0.02	0.3161	0.3278
1.34	0.03	0.4454	0.4572
1.68	0.03	0.4789	0.4907
2.01	0.03	0.4454	0.4572
2.35	0.02	0.3735	0.3853
2.68	0.02	0.2682	0.2800
3.02	0.01	0.1868	0.1985
3.36	0.01	0.1341	0.1459
3.69	0.01	0.0991	0.1109
4.03	0.00	0.0704	0.0822
4.36	0.00	0.0512	0.0630
4.70	0.00	0.0369	0.0487
5.03	0.00	0.0263	0.0381
5.37	0.00	0.0192	0.0309
5.70	0.00	0.0139	0.0257
6.04	0.00	0.0101	0.0218
6.37	0.00	0.0072	0.0190
6.71	0.00	0.0053	0.0171
7.05	0.00	0.0048	0.0166
7.38	0.00	0.0034	0.0151
7.72	0.00	0.0014	0.0132
8.05	0.00	0.0007	0.0125
8.39	0.00	0.0000	0.0118

**Figura 8.1**

*Hidrograma efectivo combinado para la cuenca de estudio.*



## 8.2. Caudal máximo que ingresa al interceptor

El caudal combinado máximo calculado en la sección anterior llega al punto de inicio del interceptor. Sin embargo, este presenta un diámetro inferior al de la tubería de llegada (0.7 m), por lo que se genera inundación en el pozo de derivación, permitiendo solo el ingreso parcial del flujo al interceptor. Se propone la instalación de una compuerta en el inicio del mismo, con el objetivo de limitar el volumen de agua lluvia que llega a la planta de tratamiento de aguas residuales, dado que este tipo de agua no requiere tratamiento. En este punto, la tubería donde inicia el interceptor funciona como un orificio, mientras que el excedente es derivado hacia una quebrada adyacente a través de una tubería existente de diámetro igual a la tubería de llegada, el cual actúa como canal de descarga. Para analizar este escenario, se plantean tres casos de estudio:

- Caso 1: Orificio con compuerta completamente abierta

En este escenario, el caudal de ingreso resulta excesivo, lo que podría provocar que la tubería trabaje a presión y genere desbordes hacia la vía pública.

- Caso 2: Orificio con compuerta con tal abertura que el sistema no supera el 75% de Y/D

Con el objetivo de reducir el área del orificio y, por tanto, limitar el caudal de ingreso hacia el interceptor, en este caso de estudio se define una abertura específica de la compuerta que garantice que este opere en condiciones seguras, manteniendo la relación  $Y/D$  por debajo del valor máximo de 0.75 establecido por la norma. La abertura necesaria se obtiene en función del valor mínimo del caudal correspondiente a la relación  $Y/D=0.75$  asociado a cada tramo del interceptor.

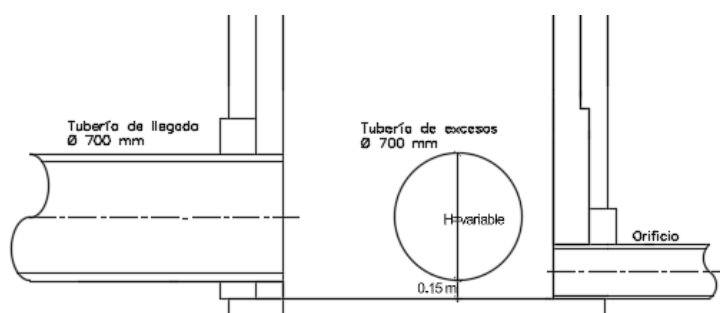
- Caso 3: Orificio con compuerta con abertura igual al radio de la tubería

Como alternativa final, se evalúa una configuración con abertura mínima (equivalente al radio de la tubería) para determinar el caudal de ingreso a la planta de tratamiento durante períodos de lluvia, buscando optimizar la operación del sistema sin comprometer su funcionalidad.

En la *Figura 8.2* se presenta un esquema del pozo de derivación, en el cual se ilustran la tubería de llegada y la tubería de excesos, ambas con un diámetro de 700 mm, así como la tubería de ingreso al interceptor, cuyo diámetro es de variable según el escenario estudiado. Se observa una diferencia de cotas de 15 cm entre la tubería de llegada y la tubería del interceptor.

### Figura 8.2

*Esquema del pozo de derivación.*



La tubería de llegada al pozo de derivación tiene una longitud de 28,40 m, con una cota inicial de 2689,09 msnm y una cota final de 2688,99 msnm, lo que representa una pendiente del 0,035%. Por este tramo se conduce un caudal máximo de aguas lluvias de 0,479 m<sup>3</sup>/s, al que se suma un caudal sanitario de 0,0118 m<sup>3</sup>/s, sin contar el aporte de aguas ilícitas puesto que este se incluye en el caudal de agua lluvia, resultando un caudal combinado de 0.491 m<sup>3</sup>/s. Con estas características se obtienen los parámetros hidráulicos descritos en la *Tabla 8.2*.

### Tabla 8.2

*Parámetros hidráulicos de la tubería de llegada al pozo de derivación.*

<b>D tubería</b>	700	mm
<b>n</b>	0.011	
<b>K4</b>	0.23546	
<b>y/D</b>	0.64	
<b>y</b>	0.448	m
<b>K1</b>	0.531	
<b>Área</b>	0.260	m <sup>2</sup>
<b>Veloc.</b>	1.88	m/s

Las características geométricas de la tubería de excesos se describen en la *Tabla 8.3*.

**Tabla 8.3**

*Características geométricas de la tubería de excesos.*

<b>D</b>	0.7	m
<b>n</b>	0.011	
<b>Long. Tramo</b>	54	m
<b>Cota invert Inicial</b>	2688.99	m
<b>Cota invert final</b>	2687.51	m
<b>Pendiente (S)</b>	0.0274	m/m
<b>Área</b>	0.3848	m <sup>2</sup>

La tubería de inicio del interceptor presenta las características geométricas indicadas en la *Tabla 8.4*.

**Tabla 8.4**

*Características geométricas de la tubería inicial del interceptor.*

<b>Long. Tramo</b>	25.25	m
<b>Cota invert Inicial</b>	2689.431	m
<b>Cota invert final</b>	2688.098	m
<b>Pendiente (S)</b>	0.053	m/m

El caudal que se deriva a la quebrada por la tubería de excesos se determina mediante la ecuación de Manning. Mientras que para determinar el caudal que ingresa a través del orificio, se emplea la expresión (26) (Sotelo, Hidráulica General Volumen 1 Fundamentos, 1999).

$$Q_o = C_c * C_v * A * \sqrt{2 * g * h} \tag{26}$$

Donde:

Cc: coeficiente de contracción. (Cc=0.62)

Cv: coeficiente de velocidad. (Cv=0.95)

A: área del orificio.

g: gravedad.

h: altura de la lámina de agua en el pozo medida desde la superficie hasta la rasante menos la altura contraída a la entrada del orificio (Sotelo, Hidráulica General Volumen 1 Fundamentos, 1999).

$$h = H + 0.15 - (a * Cc) \quad (27)$$

Donde:

H: calado en la tubería de excesos. (m)

a: abertura del orificio. (m)

En este punto, se realiza un balance de caudales de modo que la suma del caudal que ingresa al interceptor a través del orificio y el caudal que sale por la tubería de excesos sea igual al caudal total de llegada al pozo.

$$Qt = Qo + Qe = 0.487m^3/s \quad (28)$$

Donde:

Qt: caudal total combinado que llega al pozo de derivación. (m3/s)

Qo: caudal que ingresa al interceptor. (m3/s)

Qe: caudal que continúa por la tubería de excesos. (m3/s)

Para ello, se aplica un proceso iterativo en el que se impone inicialmente una altura de calado en la tubería de excesos, ya que la altura h en la expresión (17) del orificio depende directamente de dicho calado. Con esta suposición, se calcula el caudal que ingresa por el orificio, luego se resta este valor del caudal total de llegada para obtener el caudal que debería salir por la tubería de excesos. A partir de este caudal, se determina el calado correspondiente en la tubería de salida. El proceso se repite ajustando la altura impuesta hasta que el calado calculado coincida con el calado asumido y se cumpla el equilibrio de caudales (López Cualla, 2006).

## 8.2.1. Tubería de diámetro de 200mm

### 8.2.1.1. Caso 1: Orificio con compuerta completamente abierta

Se inicia el análisis imponiendo un calado de 0,231 m en la tubería de excesos. Con este valor es posible determinar la altura  $h$  requerida en la ecuación del orificio (16) para calcular el caudal correspondiente.

$$h = H + 0.15 - (a * Cc)$$

$$h = 0.231 + 0.15 - (0.2 * 0.62)$$

$$h = 0.257 \text{ m}$$

Se calcula el área del orificio la cual es de sección circular:

$$A = \pi * r^2 \quad (29)$$

$$A = \pi * 0.1^2$$

$$A = 0.031 \text{ m}^2$$

Una vez determinados la altura  $h$  y el área del orificio, se procede al cálculo del caudal que ingresa a través del orificio (16):

$$Q_o = C_c * C_v * A * \sqrt{2 * g * h}$$

$$Q_o = 0.62 * 0.95 * 0.031 * \sqrt{2 * 9.8 * 0.231}$$

$$Q_o = 0.042 \text{ m}^3/\text{s}$$

Una vez obtenido el caudal que ingresa al interceptor a través del orificio, se determina el caudal de salida por la tubería de excesos mediante un balance de masas. Para ello, se aplica la ecuación de conservación de caudal (18).

$$Q_t = Q_o + Q_e$$

$$Q_e = 0.491 - 0.042$$

$$Q_e = 0.449 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se calcula el factor  $k_4$  descrito en el apartado 6.2. *RELACIONES HIDRAULICAS*:

$$k_4 = \frac{Q * n}{i^{1/2} * D^{8/3}}$$

$$k_4 = \frac{0.449 * 0.011}{0.0274^{1/2} * 0.7^{8/3}}$$

$$k_4 = 0.077$$

Al valor de  $k_4$  obtenido le corresponde una relación  $Y/D=0,33$ , con la cual se determina el siguiente calado en la tubería:

$$Y = 0.33 * 0.7$$

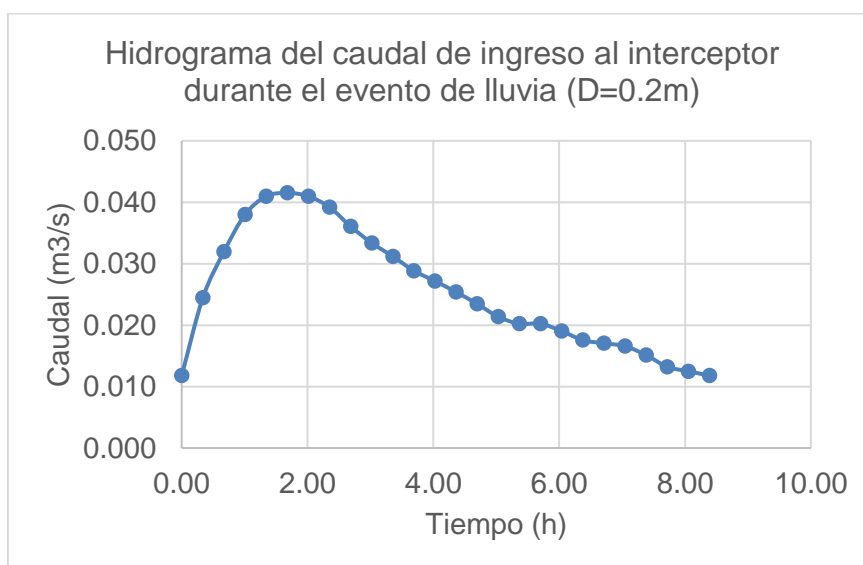
$$Y = 0.231m$$

Como se puede observar, el valor del calado obtenido mediante la ecuación de Manning coincide con el calado impuesto al inicio del proceso iterativo. Por lo tanto, se da por concluido dicho proceso. Con este calado final de 0,231 m, se determina un caudal máximo de ingreso al interceptor de 0,042 m<sup>3</sup>/s, mientras que el caudal derivado a través de la tubería de excesos es de 0,449 m<sup>3</sup>/s.

Este proceso iterativo se aplica a cada uno de los caudales del hidrograma de crecida, considerando como caudal base el caudal sanitario que llega a este punto, equivalente a 0,011 m<sup>3</sup>/s, este proceso se muestra en la Tabla 13.10. En este escenario, el orificio funciona como elemento de control de caudal desde  $t=0.34$  h hasta  $t=6.37$  h, el resto de tiempo el caudal que ingresa al interceptor es igual al caudal combinado correspondiente al tiempo de duración de la lluvia. De esta manera, se obtiene el hidrograma del caudal que ingresa al interceptor a lo largo de toda la duración del evento de lluvia, el cual se presenta en la Tabla 13.11 y se representa de manera grafica en la *Figura 8.3*.

### Figura 8.3

*Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.2).*



Una vez determinado el caudal máximo que ingresa al interceptor durante el evento de lluvia, se procede a evaluar este escenario a lo largo de todo el trazado del interceptor, considerando

los aportes adicionales provenientes de descargas domésticas e infiltraciones. Los resultados de esta evaluación se presentan en los anexos, en la Tabla 13.12. En cuanto a la velocidad del flujo, no se evidencian inconvenientes, ya que en todos los tramos se mantienen por debajo del valor máximo permitido de 7,5 m/s.

Sin embargo, en lo que respecta a la relación Y/D, se presentan algunas problemáticas. En la Tabla 13.12 de resultados se observa que en ciertos tramos la relación Y/D supera el límite máximo establecido por la normativa, que es 0,75. Además, en los tramos comprendidos entre el 49 y el 65, la relación Y/D alcanza un valor de 1, lo cual indica que la tubería opera a presión. Esta condición representa un riesgo, ya que puede provocar el desbordamiento del agua hacia la vía pública a través de los pozos de revisión.

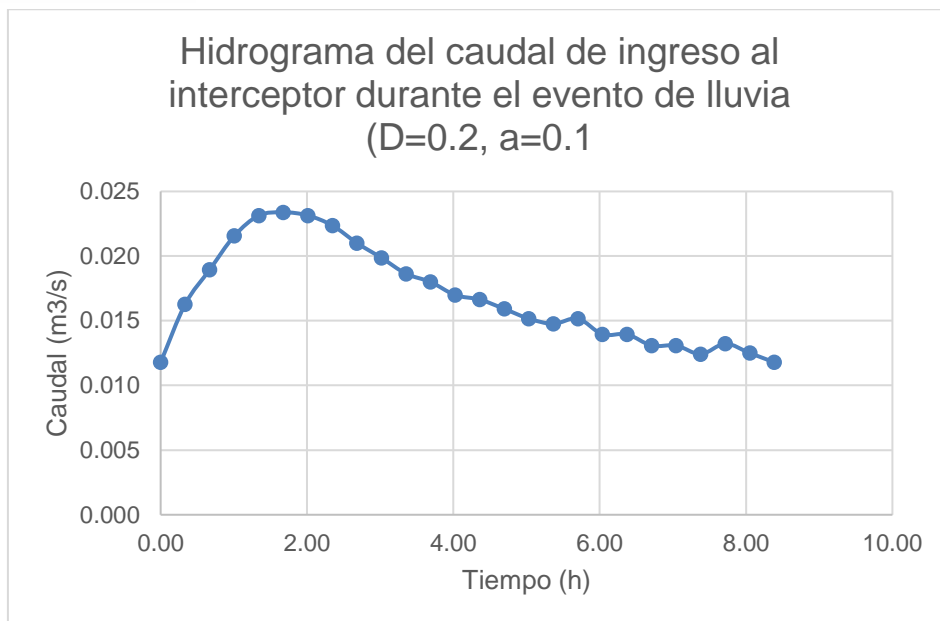
#### **8.2.1.2. Caso 2: Orificio con compuerta con abertura al 75% de Y/D**

El caudal máximo admisible para el ingreso al interceptor, considerando un diámetro de 0.2m y garantizando una operación adecuada sin exceder la relación Y/D límite de 0.75, es de 0.0268 m<sup>3</sup>/s. Este valor se obtiene a partir de la *Tabla 13.8*, donde se identifica el menor caudal correspondiente a dicha relación a lo largo de todo el trazado del interceptor. Con base en este valor, se realiza un proceso iterativo para determinar el caudal que puede ingresar a través del orificio, evaluando diferentes aberturas de compuerta, desde 0.1 m hasta la abertura completa. Los resultados de este análisis se presentan en la *Tabla 13.14*. Como resultado del proceso, se establece que una abertura de 0.1 m permite un caudal de ingreso de 0.023 m<sup>3</sup>/s, el cual se mantiene por debajo del límite establecido, asegurando así el funcionamiento hidráulico eficiente del sistema.

El proceso iterativo para determinar tanto el caudal de ingreso al interceptor a través del orificio como el caudal de excesos se detalla en la *Tabla 13.14*. El orificio actúa como elemento de control desde el inicio del evento de lluvia hasta  $t=7.38h$ , intervalo durante el cual se calcula el caudal que ingresa al interceptor. A partir de estos resultados, se obtiene el hidrograma del caudal que ingresa al interceptor a través del orificio a lo largo del tiempo de duración de la lluvia, el cual se muestra en la *Tabla 13.15* y se representa gráficamente en la *Figura 8.4*.

#### **Figura 8.4**

*Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.2m, a=0.1m).*



Con el caudal máximo de ingreso de  $0,0234 \text{ m}^3/\text{s}$ , se realiza una evaluación hidráulica de cada tramo a lo largo del trazado del interceptor. Los resultados de esta evaluación se presentan en la *Tabla 13.16*, donde se puede observar que no se presentan inconvenientes ni en cuanto a la velocidad del flujo ni en la relación  $Y/D$ . Con esta abertura de la compuerta se registra un valor máximo de  $Y/D$  de 0.75, alcanzando el límite establecido por la norma.

## 8.2.2. Tubería de diámetro de 270mm

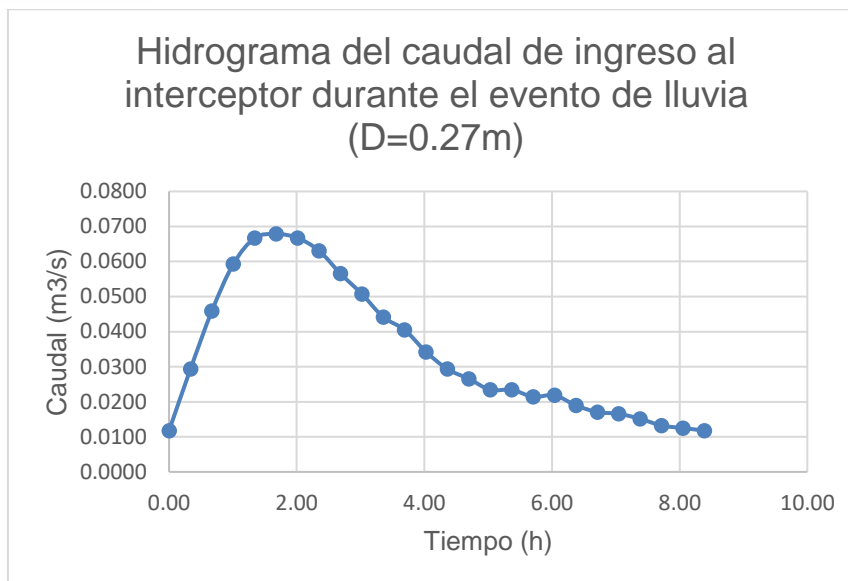
### 8.2.2.1. Caso 1: Orificio con compuerta completamente abierta

Se realiza el proceso iterativo descrito en la sección 8.2.1.1, pero en este caso evaluando un interceptor con un diámetro de 0,27 m. Este procedimiento se aplica a cada uno de los caudales combinados del hidrograma de crecida (*Tabla 8.1*), el cual incluye como caudal base un aporte sanitario de  $0,0118 \text{ m}^3/\text{s}$ . En este escenario, el orificio funciona como elemento de control de caudal desde  $t=0.34 \text{ h}$  hasta  $t=5.70 \text{ h}$ . El desarrollo del proceso iterativo para cada caudal se presenta en los anexos, en la *Tabla 13.17*.

Como resultado, se obtiene el hidrograma del caudal que ingresa al interceptor a través del orificio a lo largo del tiempo de duración del evento de lluvia. Este hidrograma se muestra en la *Tabla 13.18* y se representa gráficamente en la *Figura 8.5*.

### Figura 8.5

*Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia ( $D=0.27\text{m}$ ).*



Una vez obtenido el hidrograma del caudal que ingresa al interceptor, se procede a evaluar hidráulicamente cada tramo del mismo, considerando el caudal máximo de ingreso de 0,0679 m<sup>3</sup>/s, el cual se presenta en el tiempo  $t=1,68$  h del evento de lluvia, correspondiente al pico de crecida. Los resultados de esta evaluación se presentan en la *Tabla 13.19*, aquí se observa que la velocidad del flujo en todos los tramos se encuentra dentro de los límites mínimos y máximos establecidos por la normativa. No obstante, en lo que respecta a la relación Y/D, se identifican algunos tramos que superan el valor máximo permitido de 0,75. Específicamente, esto ocurre en los tramos 50, 51, 53 y desde el tramo 55 hasta el 65. Sin embargo, estas excedencias son leves, alcanzando una relación máxima Y/D de 0,78 en los últimos tramos. Esto indica que la tubería continúa operando bajo condiciones de flujo a gravedad, sin llegar a trabajar a presión, por lo que no registraría la salida del flujo a través de los pozos de revisión. El caudal máximo que llega a la PTAR en este escenario es de 0.0728 m<sup>3</sup>/s.

#### 8.2.2.2. Caso 2: Orificio con compuerta con abertura al 75% de Y/D

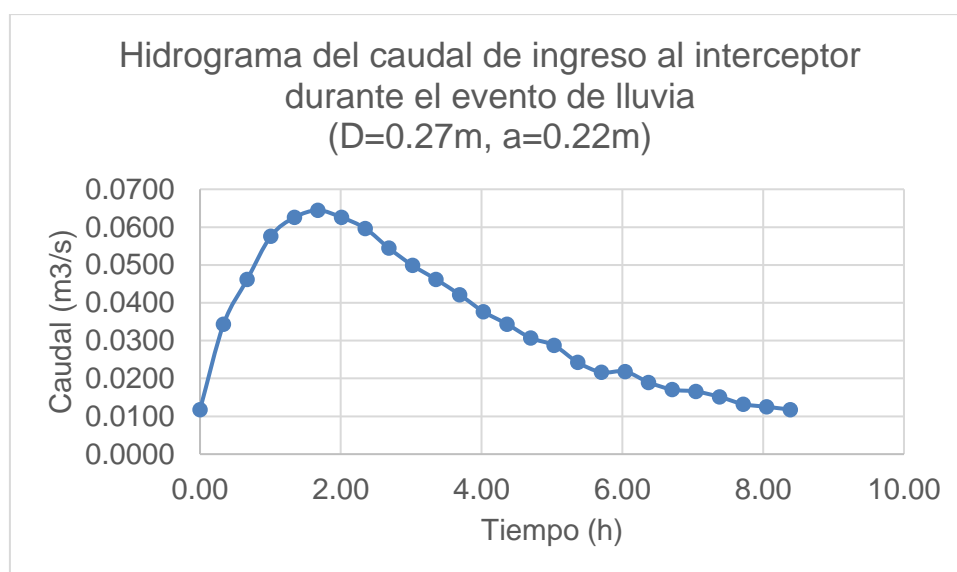
El caudal máximo que puede ingresar al interceptor, considerando un diámetro de 0,27 m, para que este opere en condiciones óptimas sin superar la relación Y/D máxima de 0,75, es de 0,0685 m<sup>3</sup>/s. Este valor se determina a partir de la *Tabla 13.6*, en la cual se identifica el menor caudal permitido a lo largo del trazado que corresponde a dicha relación límite. Con este valor de referencia, se lleva a cabo un proceso iterativo para determinar el caudal que ingresa al interceptor a través del orificio, evaluando distintas aberturas de compuerta, desde 0,135 m hasta la abertura total. Los resultados de estos procesos iterativos se presentan en la *Tabla 13.20*. Como resultado, se determina que una abertura de compuerta de 0,22 m permite el ingreso de un caudal de 0,0644 m<sup>3</sup>/s, valor que se encuentra por debajo del límite

establecido, garantizando así el funcionamiento eficiente del sistema sin que se superen las condiciones de diseño hidráulico.

El hidrograma resultante del caudal que ingresa al interceptor a través del orificio, con una abertura de 0,135 m, durante el evento de lluvia, se presenta en la *Tabla 13.22* y su correspondiente representación gráfica se muestra en la *Figura 8.6*.

### Figura 8.6

*Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.27m, a=0.22m).*



Se evalúa el interceptor con caudal máximo de entrada de 0.0644 m<sup>3</sup>/s, los resultados se muestran en la *Tabla 13.23*. Aquí se puede observar que la relación Y/D no supera el valor máximo permitido de 0,75 en ningún tramo del trazado, considerando una abertura de compuerta de 0,22 m. El valor máximo alcanzado es de 0,75, registrado en los tramos finales, los mismos que previamente presentaban excedencias al límite establecido. Además, se observa que el caudal máximo que llega a la PTAR es de 0.0693m<sup>3</sup>/s.

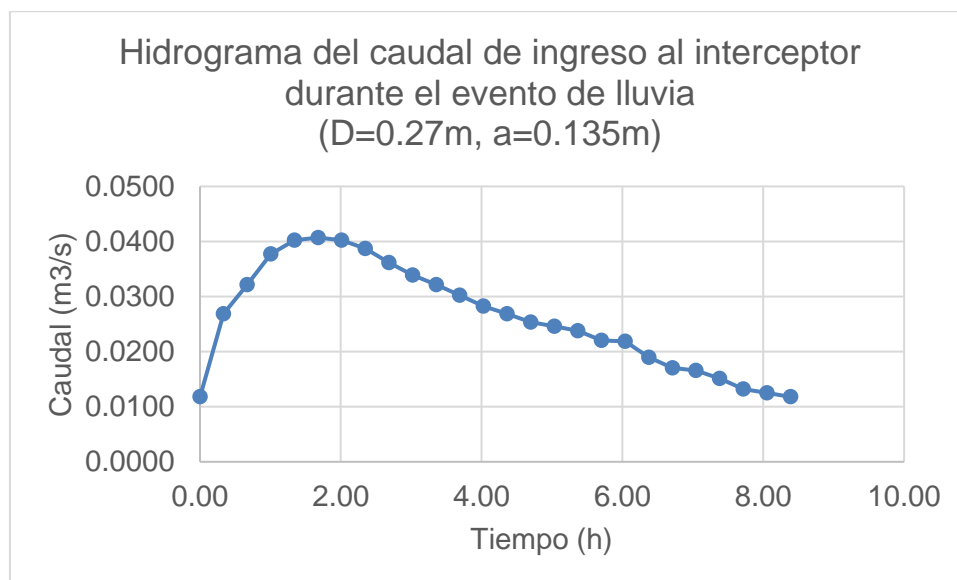
#### 8.2.2.3. Caso 3: Orificio con compuerta con abertura igual al radio de la tubería

En este caso se analiza el comportamiento del sistema ante el evento de lluvia planteado, considerando un interceptor con un diámetro de 0.27 m y una compuerta de entrada con una abertura de 0.135 m. La *Tabla 13.24* presenta el desarrollo del proceso iterativo empleado para determinar tanto el caudal que ingresa al interceptor a través del orificio como el caudal derivado hacia la tubería de excesos. El orificio funciona como mecanismo de control desde el inicio del evento de lluvia hasta el tiempo  $t=5.7$  h, periodo en el cual se calcula el caudal de

ingreso al interceptor. Con base en estos resultados, se construye el hidrograma correspondiente al caudal de entrada a lo largo del evento de lluvia, el cual se encuentra en la *Tabla 13.25* y su representación gráfica se muestra en la *Figura 8.7*.

### Figura 8.7

*Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.27m, a=0.135m).*



Con el caudal máximo de ingreso de  $0,0407 \text{ m}^3/\text{s}$  que se muestra en el hidrograma, se lleva a cabo una evaluación hidráulica de cada tramo a lo largo del trazado del interceptor. Los resultados de dicha evaluación se presentan en la *Tabla 13.26*. Con el caudal máximo de ingreso de  $0,0407 \text{ m}^3/\text{s}$  que se muestra en el hidrograma, se lleva a cabo una evaluación hidráulica de cada tramo a lo largo del trazado del interceptor. Los resultados de dicha evaluación se presentan en la *Tabla 13.26*, donde se verifica que no existen inconvenientes relacionados con la velocidad del flujo ni con la relación  $Y/D$ . Esto se debe a que la abertura utilizada en este caso ( $0,135 \text{ m}$ ) es menor a la establecida en el apartado 9.1.2.2 ( $0,22 \text{ m}$ ), la cual garantiza que la relación  $Y/D$  no superara el valor límite de  $0,75$ , asegurando así el correcto funcionamiento del sistema. Además, se observa que el caudal máximo que llega a la planta de tratamiento es de  $0.0456 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 8.2.3. Tubería de diámetro de 300mm

#### 8.2.3.1. Caso 1: Orificio con compuerta completamente abierta

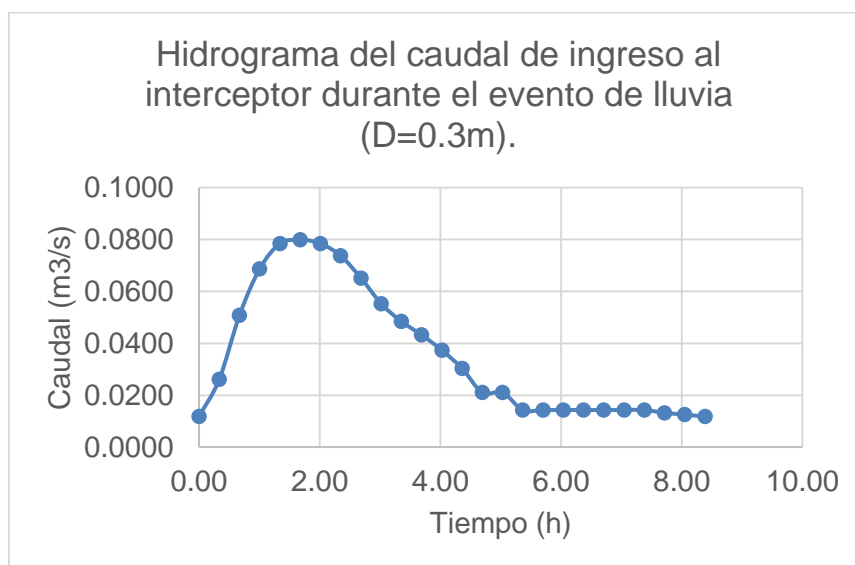
El proceso iterativo para determinar el caudal que ingresa al interceptor a través del orificio, en función de los diferentes caudales combinados a lo largo del evento de lluvia para un interceptor de diámetro de  $0.3\text{m}$  y abertura completa de la compuerta, se presenta en la *Tabla*

13.27. Para este escenario, el orificio actúa como elemento de control desde  $t=0,34$  h hasta  $t=7,38$  h.

El hidrograma resultante del caudal que ingresa al interceptor a través del orificio durante el evento de lluvia se muestra en la *Tabla 13.28* y su representación gráfica se encuentra en la *Figura 8.8*.

### Figura 8.8

*Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.3m).*



Una vez determinado el caudal máximo que ingresa al interceptor durante el evento de lluvia, se procede a evaluar hidráulicamente todo el trazado del sistema, considerando los aportes adicionales provenientes de descargas domésticas e infiltraciones. Para ello, se analiza cada tramo del interceptor con el caudal máximo de ingreso, que corresponde a  $0,0799 \text{ m}^3/\text{s}$  y ocurre en el tiempo  $t=1,68$  h, coincidiendo con el pico de crecida. Los resultados de esta evaluación se presentan en la *Tabla 13.29*, donde se observa que la velocidad del flujo en todos los tramos se encuentra dentro de los límites mínimo y máximo establecidos por la normativa. De igual manera, en lo que respecta a la relación  $Y/D$ , también se cumple con los criterios normativos, ya que el valor máximo alcanzado es de 0,70 en los últimos tramos, permaneciendo por debajo del límite permitido de 0,75. También se puede observar que el caudal máximo que llega hacia la planta de tratamiento de aguas residuales es de  $0.0848 \text{ m}^3/\text{s}$ .

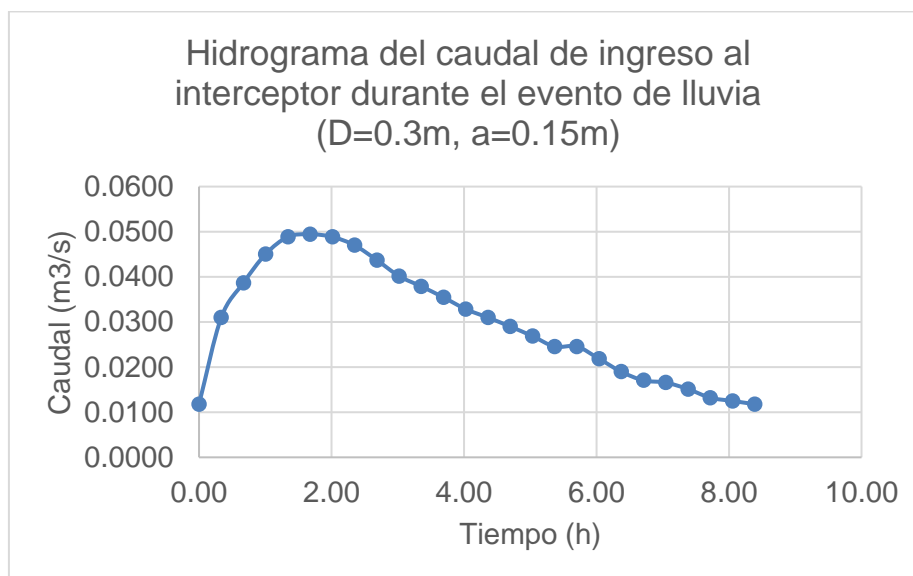
#### 8.2.3.2. Caso 3: Orificio con compuerta con abertura igual al radio de la tubería

En la *Tabla 13.30* se expone el proceso iterativo utilizado para calcular tanto el caudal que ingresa al interceptor a través del orificio de diámetro de 0.3m con una abertura de 15 cm

como el caudal que se desvía por la tubería de excesos. Durante el evento de lluvia, el orificio actúa como elemento regulador desde el inicio hasta el tiempo  $t=5.7$  h, intervalo en el cual se determina el caudal de ingreso al sistema. A partir de estos datos, se genera el hidrograma del caudal que accede al interceptor a lo largo del evento, el cual se presenta en la *Tabla 13.31* y se representa gráficamente en la *Figura 8.9*.

### Figura 8.9

*Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia ( $D=0.3m$ ,  $a=0.15m$ )*



Considerando un caudal máximo de ingreso de  $0,0495 \text{ m}^3/\text{s}$ , se realiza la evaluación hidráulica de cada tramo del trazado del interceptor. Los resultados obtenidos se presentan en la *Tabla 13.32*, donde se confirma que no se registran inconvenientes en cuanto a la velocidad del flujo ni respecto a la relación  $Y/D$ , manteniéndose ambos parámetros dentro de los límites establecidos por la normativa. El caudal máximo que llega a la PTAR es de  $0.0544 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 8.3. Resultados de: evaluación del interceptor en época lluviosa

Para un interceptor de  $200 \text{ mm}$ , se requiere una abertura de compuerta de  $10 \text{ cm}$  para mantener la relación  $Y/D$  por debajo de  $0.75$ , con lo que ingresa un caudal de  $23.4 \text{ L/s}$  sin problemas de velocidad. Sin embargo, si la compuerta llegara a fallar y quedara completamente abierta, el caudal aumentaría a  $41.5 \text{ L/s}$ . Aunque no se presentan inconvenientes en cuanto a la velocidad, la relación  $Y/D$  alcanzaría un valor de  $1.0$ , lo que provocaría que el sistema trabaje a presión, generando posibles inundaciones en los pozos y

la salida del flujo hacia la superficie. En la *Tabla 8.5* se muestra un resumen de los escenarios analizados para un interceptor de diámetro de 200mm.

**Tabla 8.5**

*Resumen de resultados obtenidos de la evaluación en época lluviosa del interceptor de tubería de diámetro de 200mm.*

<b>Tubería de diámetro de 200mm</b>			
<b>a</b>	<b>Q<sub>máx</sub> entrada</b>	<b>Q<sub>máx</sub> llegada PTAR</b>	<b>Y/D máx</b>
<b>cm</b>	<b>L/s</b>	<b>L/s</b>	
20	41.53	50.23	1
10	23.39	28.29	0.75

En el diseño del interceptor con una tubería de 270 mm de diámetro, se alcanza una relación Y/D máxima de 0.78 cuando la compuerta está completamente abierta. Si bien este valor supera el límite establecido por la norma, la diferencia es mínima no es significativa y el sistema continúa operando a gravedad en todo momento, sin llegar a trabajar a presión. Para asegurar el cumplimiento del límite normativo, se determina que la abertura adecuada de la compuerta debe ser de 22 cm. En estas condiciones, la relación Y/D máxima registrada es de 0.75, el interceptor opera de manera eficiente desde el punto de vista hidráulico y no se presentan problemas relacionados con la velocidad del flujo. Con el objetivo de reducir el caudal de entrada, se plantea una abertura de compuerta de 13.5 cm. Esta configuración permite el ingreso de un caudal máximo de 40.7 litros por segundo, alcanzando una relación Y/D máxima de 0.56, lo que garantiza una operación segura y controlada del sistema. En la *Tabla 8.6* se muestra un resumen de los escenarios analizados para un interceptor de diámetro de 270mm.

**Tabla 8.6**

*Resumen de resultados obtenidos de la evaluación en época lluviosa del interceptor de tubería de diámetro de 270mm.*

<b>Tubería de diámetro de 270mm</b>			
<b>a</b>	<b>Q<sub>máx</sub> entrada</b>	<b>Q<sub>máx</sub> llegada PTAR</b>	<b>Y/D máx</b>
<b>cm</b>	<b>L/s</b>	<b>L/s</b>	
27	67.86	72.76	0.78
22	64.45	69.33	0.75
13.5	40.70	45.61	0.56

Por otro lado, en el diseño del interceptor con una tubería de 300 mm de diámetro, la relación Y/D máxima llega valor de 0.7 con la compuerta completamente abierta, lo cual cumple con el límite normativo. Sin embargo, el caudal que ingresa al sistema es elevado, alcanzando los 79.92 L/s, lo que representa un riesgo para la capacidad de tratamiento de la planta. Para reducir este caudal, se plantea una abertura de compuerta de 15 cm, lo que reduce el caudal de ingreso a 49.46 L/s y el caudal final hacia la planta a 54.36 L/s. A pesar de esta reducción, el caudal sigue siendo considerablemente alto, lo que podría comprometer la eficiencia operativa de la planta durante eventos de lluvia intensos. La *Tabla 8.7* presenta un resumen de los diferentes escenarios evaluados para el diseño del interceptor con un diámetro de 200 mm.

**Tabla 8.7**

*Resumen de resultados obtenidos de la evaluación en época lluviosa del interceptor de tubería de diámetro de 300mm.*

<b>Tubería de diámetro de 300mm</b>			
<b>a</b>	<b>Qmáx entrada</b>	<b>Qmáx llegada PTAR</b>	<b>Y/D máx</b>
<b>cm</b>	<b>L/s</b>	<b>L/s</b>	
30	79.92	84.82	0.7
15	49.46	54.36	0.53

Con base en todo lo expuesto, se concluye que el diseño definitivo del interceptor para la nueva planta de tratamiento del centro parroquial de Santa Ana debe contemplar una tubería de 270 mm de diámetro. Este diámetro representa un equilibrio adecuado entre el comportamiento hidráulico y el control del caudal que llega a la planta de tratamiento. Además, en caso de una eventual falla de la compuerta, ya sea por errores humanos o fallos mecánicos, el sistema seguiría operando a gravedad, sin alcanzar condiciones de presión, evitando así el riesgo de inundaciones. En condiciones normales de operación, se recomienda una abertura de compuerta de 13.5 cm para limitar el caudal de ingreso. Sin embargo, se establece que la abertura máxima permitida de la compuerta sea de 22 cm, a fin de garantizar que la relación Y/D no supere el valor límite máximo estipulado por la norma, asegurando así un funcionamiento hidráulico eficiente.

## **9. Simulación de evento de lluvia en el programa SWMM**

El Storm Water Management Model (SWMM), desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), es una herramienta computacional destinada a

simular el comportamiento de la escorrentía pluvial y su calidad en zonas urbanas. Su aplicación abarca tanto escenarios de corto como de largo plazo y permite apoyar procesos de diseño, planificación y análisis de sistemas de drenaje pluvial, alcantarillado sanitario y redes combinadas. Uno de sus principales objetivos es contribuir a la reducción de la escorrentía mediante prácticas de infiltración y retención, ayudando así a mitigar los impactos negativos en los cuerpos de agua receptores. Su primera versión fue lanzada en 1971, y desde entonces ha recibido varias actualizaciones importantes, siendo la última la Versión 5.2.4, actualizada en agosto de 2023. Actualmente, el programa es de código abierto lo que permite su acceso libre y gratuito.

El modelo integra tres tipos de simulación: hidrológica, hidráulica y de calidad del agua. En su componente hidráulico, el SWMM permite simular redes de drenaje complejas, incluyendo distintos tipos de tuberías y canales, además de estructuras como bombas, orificios, vertederos y unidades de almacenamiento. También es capaz de modelar distintos regímenes de flujo, como sobrecarga, remanso o flujo inverso, y aplicar reglas operativas definidas por el usuario para controlar la infraestructura del sistema (EPA, 2022).

El modelo requiere una amplia gama de parámetros de entrada, definidos en secciones específicas del archivo de proyecto. Entre estos se incluyen opciones de simulación, estaciones pluviométricas, tasas de evaporación, características de las subcuencas, propiedades del suelo, estructuras hidráulicas, acuíferos, contaminantes, usos del suelo y entradas externas de flujo (EPA, 2022). Además, permite incluir datos en forma de series de tiempo, patrones diarios y curvas hidrológicas, lo que ofrece gran flexibilidad para adaptar el modelo a distintos contextos.

El programa SWMM tiene una interfaz gráfica que permite editar datos, ejecutar simulaciones y visualizar resultados mediante mapas, gráficos y tablas. El modelo analiza variables como caudales, velocidades, concentraciones de contaminantes, infiltración, evaporación, humedad del suelo, entre otros, tanto a nivel de subcuencas como de nodos y enlaces. Además, permite incorporar series de tiempo y patrones, adaptándose a diferentes contextos de simulación (EPA, 2022).

Para determinar el flujo y la velocidad en conductos, SWMM utiliza principalmente la ecuación de Manning, que relaciona el caudal ( $Q$ ) con el área de la sección transversal ( $A$ ), el radio hidráulico ( $R$ ), la pendiente ( $S$ ) y el coeficiente de rugosidad ( $n$ ). Para conductos circulares presurizados, también es posible usar las fórmulas de Hazen-Williams o Darcy-Weisbach, a elección del usuario. En cualquier otro tipo de sección cerrada que se presurice, SWMM continúa aplicando la ecuación de Manning para estimar las pérdidas por fricción. El modelo

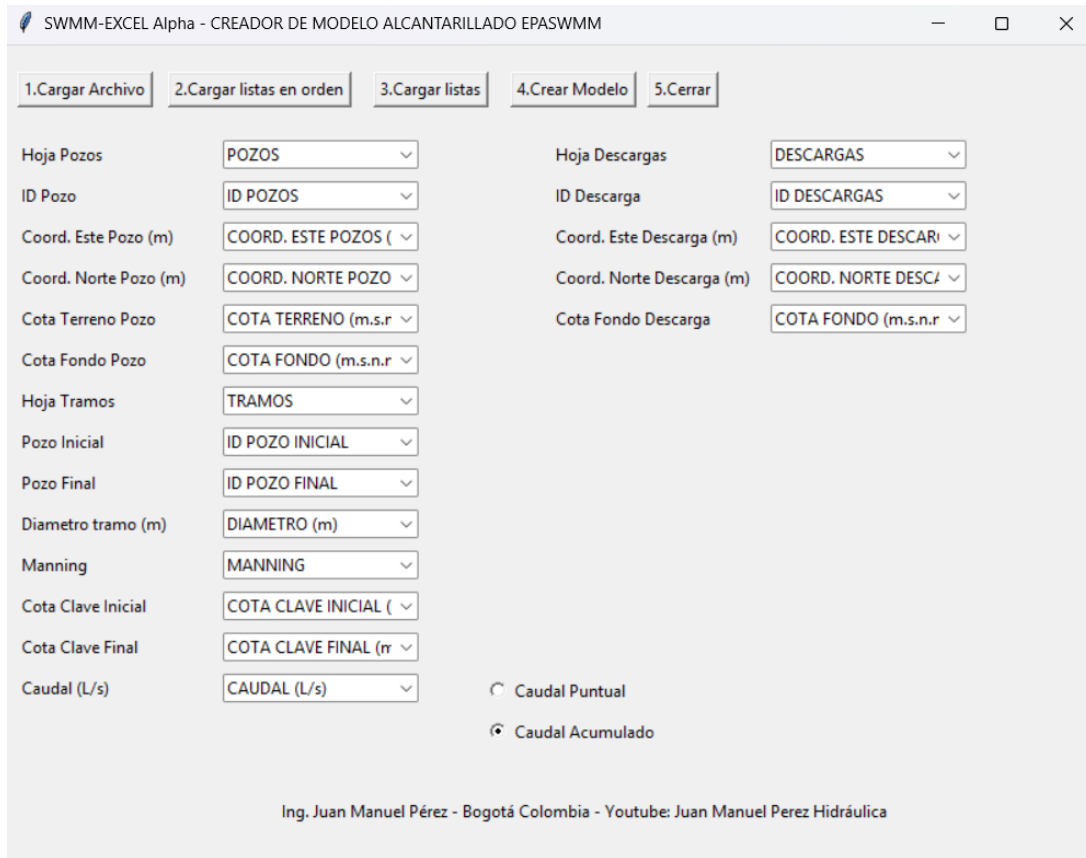
ofrece tres métodos de enrutamiento de flujo: el enrutamiento de flujo estacionario, que asume flujo constante y uniforme sin considerar almacenamiento, remanso o flujo presurizado, y se limita a redes dendríticas; el enrutamiento de onda cinemática, que resuelve la ecuación de continuidad con una forma simplificada del momento, permitiendo variaciones temporales y espaciales, pero sin modelar efectos como remanso o inversión de flujo; y el enrutamiento de onda dinámica, que resuelve las ecuaciones completas de Saint Venant, permitiendo representar condiciones complejas como flujo presurizado, almacenamiento, remanso y pérdidas en entradas y salidas, siendo el más preciso y versátil (EPA, 2022).

El programa SWMM se complementa con el programa SWMM-EXCEL, desarrollada por el ingeniero Juan Manuel Pérez, la cual permite la creación de modelos de alcantarillado en EPA-SWMM a partir de datos organizados en hojas de cálculo de Excel. La plantilla de Excel proporcionada por el desarrollador incluye tres hojas separadas para cada tipo de elemento: pozos, tramos y descargas. En la hoja correspondiente a los pozos se registran el nombre identifica al pozo, las coordenadas este y norte, y la cota del terreno en la ubicación del pozo. En la hoja de tramos se especifican el pozo de inicio y el pozo de fin del tramo, el diámetro de la tubería, el coeficiente de rugosidad de Manning, y las cotas clave inicial y final. En la hoja de descargas se incluye el nombre con el que se identifica al punto de descarga, las coordenadas este y norte y la cota de fondo. Esta herramienta facilita significativamente la generación de modelos al reducir el tiempo requerido para ingresar manualmente los datos en el entorno gráfico de SWMM (EPA, 2022).

Una vez creada la planilla con la información de pozos, tramos y descargas, es fundamental asegurarse de que no existan filas o celdas en blanco intermedias dentro de los datos. Luego, se carga este archivo en el programa SWMM-EXCEL, el cual detecta automáticamente las hojas del archivo de Excel y genera tres listas en los campos “hoja de pozos”, “hoja de tramos” y “hoja de descargas” (EPA, 2022). Debido a que la información está organizada exactamente en el orden sugerido por la plantilla, el programa identifica sin dificultad las columnas correspondientes a cada parámetro. A continuación, se selecciona el tipo de caudal que se está ingresando; en este caso, se elige la opción de caudal acumulado en cada tramo, lo que permite que el programa calcule los caudales puntuales necesarios para que el modelo en EPA-SWMM reproduzca los caudales acumulados originales. Los valores de caudal ingresados son integrados como el flujo base en cada nodo dentro del modelo creado. Una vez definido el tipo de caudal, se procede crear el modelo, este se exporta y guarda automáticamente en la misma ruta donde se encuentra el archivo del programa SWMM-EXCEL (EPA, 2022). A continuación, en la *Figura 9.1* se puede observar la interfaz del programa con una planilla cargada.

**Figura 9.1**

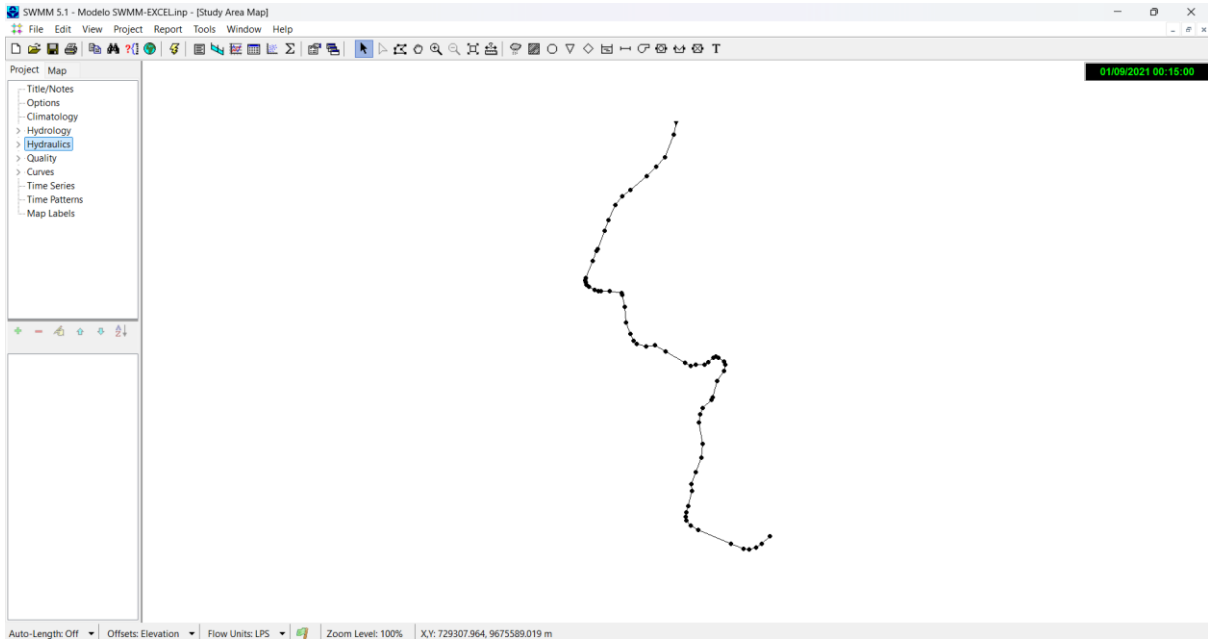
*Interfaz del programa SWMM-EXCEL.*



En la *Figura 9.2* se presenta la interfaz del programa SWMM cargado con el modelo generado por el programa SWMM-EXCEL.

**Figura 9.2**

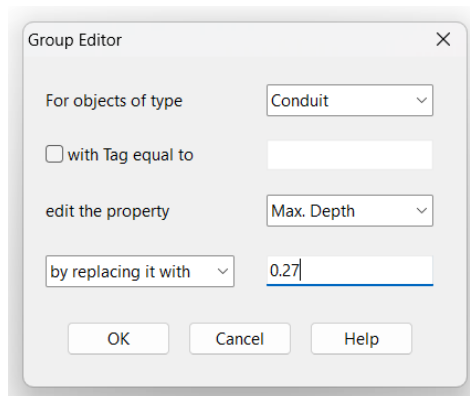
*Interfaz del programa SWMM con el modelo generado con el programa SWMM-EXCEL.*



Este proceso se realiza para el diseño del interceptor con el diámetro de la tubería de 200mm, ya que se tiene las mismas condiciones de caudal sanitario y geometría para otros diseños en donde varía únicamente el diámetro. Para cambiar el diámetro se va a la pestaña de edición (“Edit”) y se selecciona todo (“Select All”), luego se procede a editar un grupo (“Group edit”). A continuación, en la *Figura 9.3* se presenta la ventana en donde se cambian el diámetro de la tubería (EPA, 2022).

**Figura 9.3**

*Ventana Group Editor del programa SWMM.*



Para ingresar el hidrograma correspondiente a cada escenario analizado, se utiliza un archivo externo temporal que debe contener la información de fecha y caudal. Para cargar este archivo, se debe seleccionar la categoría "Time Series" en el Panel del Navegador de Proyectos (Project Browser) y añadir una nueva serie temporal. Luego, en el Editor de Series de Tiempo, se debe hacer clic en el botón con el ícono de explorador de archivos para

localizar y cargar el archivo externo correspondiente dependiendo del escenario analizado (EPA, 2022).

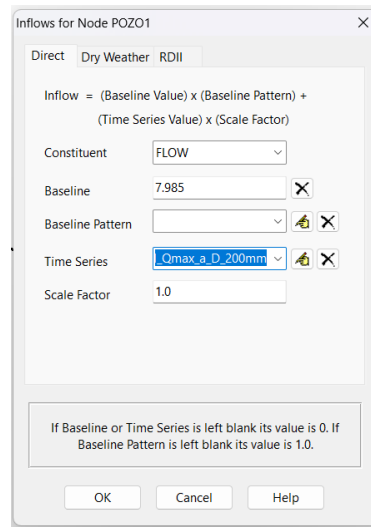
Una vez creada la serie temporal, se procede a asignarla como condición de entrada de flujo en el pozo de inicio del interceptor. Se configura la entrada directa de caudal en un pozo dentro de SWMM, para esto se debe seleccionar el nodo desde el mapa o el Project Browser y acceder a su propiedad "Inflows" mediante el Editor de Propiedades (ver *Figura 9.4 Editor de propiedades.*). Luego, en el "Inflows Editor", se ingresa el nombre de la serie temporal correspondiente en la pestaña "Direct Inflows" (*Figura 9.5 Editor de caudales de entrada.*) (EPA, 2022).

### Figura 9.4

*Editor de propiedades.*

Property	Value
Name	POZO1
X-Coordinate	730456.684
Y-Coordinate	9674743.127
Description	
Tag	
Inflows	YES ...
Treatment	NO
Invert El.	2689.681
Max. Depth	2.42
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Pounded Area	0

Click to specify any external inflows received at the junction

**Figura 9.5***Editor de caudales de entrada.*

### 9.1.1. Tubería de diámetro de 200mm

#### 9.1.1.1. Caso 1: Orificio con compuerta completamente abierta

Con el hidrograma presentado en la *Tabla 13.11*, generado para un interceptor con tubería de 200 mm de diámetro y compuerta completamente abierta, se realiza el análisis del escenario correspondiente en el programa SWMM, incorporando los datos como un archivo de serie temporal. A partir de esta simulación, se obtiene el reporte resumido en la *Tabla 13.33*, donde se evidencia que, a partir del tramo 49, se presentan inconvenientes relacionados con la relación  $Y/D$ , superando el valor máximo permitido de 0.75. En los tramos 49, 50, 53 y desde el pozo 61 en adelante, la relación  $Y/D$  alcanza un valor de 1, lo que indica que el interceptor está trabajando a presión en dichos tramos. Además, en la *Tabla 9.1* se presentan los pozos que se inundan. En esta tabla se detalla el tiempo total durante el cual cada nodo experimentó desbordamiento, lo cual ocurre cuando el nivel del agua supera la profundidad máxima asignada al nodo. La segunda columna muestra la tasa máxima de desbordamiento del nodo. En la tercera columna se indica la hora en que se produce dicho desbordamiento. Finalmente, se incluye el volumen total acumulado de agua desbordada durante todo el periodo de simulación.

**Tabla 9.1**

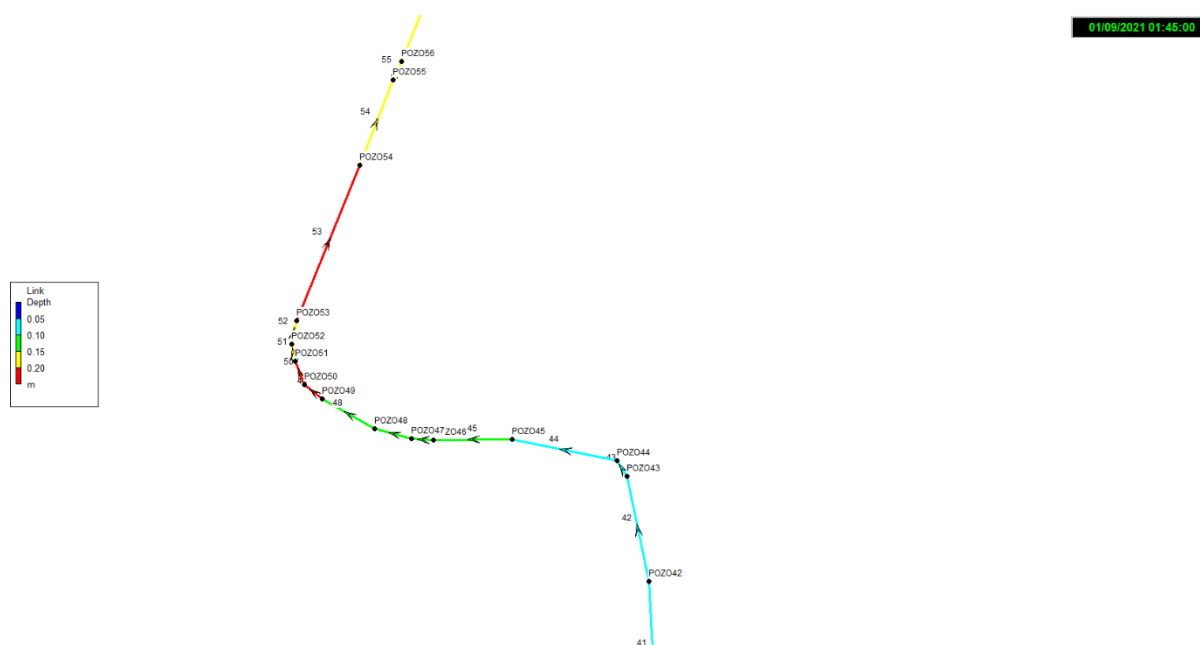
*Reporte de pozos inundados.*

Pozo	Horas inundado	Caudal máximo	Flooding	Instante en el que sucede	Volumen total inundado
	h	m <sup>3</sup> /s		h	10 <sup>6</sup> lr
POZO49	2.15	7.43	0	1:41	0.038
POZO50	2.75	3.05	0	0:48	0.027
POZO53	2.84	0.5	0	0:39	0.005
POZO61	2.96	0.63	0	0:37	0.007
POZO62	2.96	0.01	0	0:36	0.000
POZO63	2.98	0.1	0	0:36	0.001

En la *Figura 9.6* y *Figura 9.7* se presentan los últimos tramos del sistema, ya que son los que generan inconvenientes en la conducción. Se puede observar con mayor claridad que hasta el pozo 49 las condiciones hidráulicas son óptimas, alcanzando un calado máximo de 0.15 m, lo cual representa el 75 % del diámetro de la tubería. Sin embargo, a partir del pozo 49, el calado supera los 0.15 m, lo que indica que la relación Y/D excede el límite permitido de 0.75, evidenciando problemas de capacidad en dichos tramos. Los pozos representados en color rojo corresponden a aquellos que presentan condiciones de inundación. Estos coinciden con los pozos detallados en la *Tabla 9.1*.

**Figura 9.6**

*Vista en planta del trazado desde el pozo 42 al pozo 56. (D=0.2m)*



**Figura 9.7**

Vista en planta del trazado desde el pozo 55 al pozo 66. (D=0.2m)

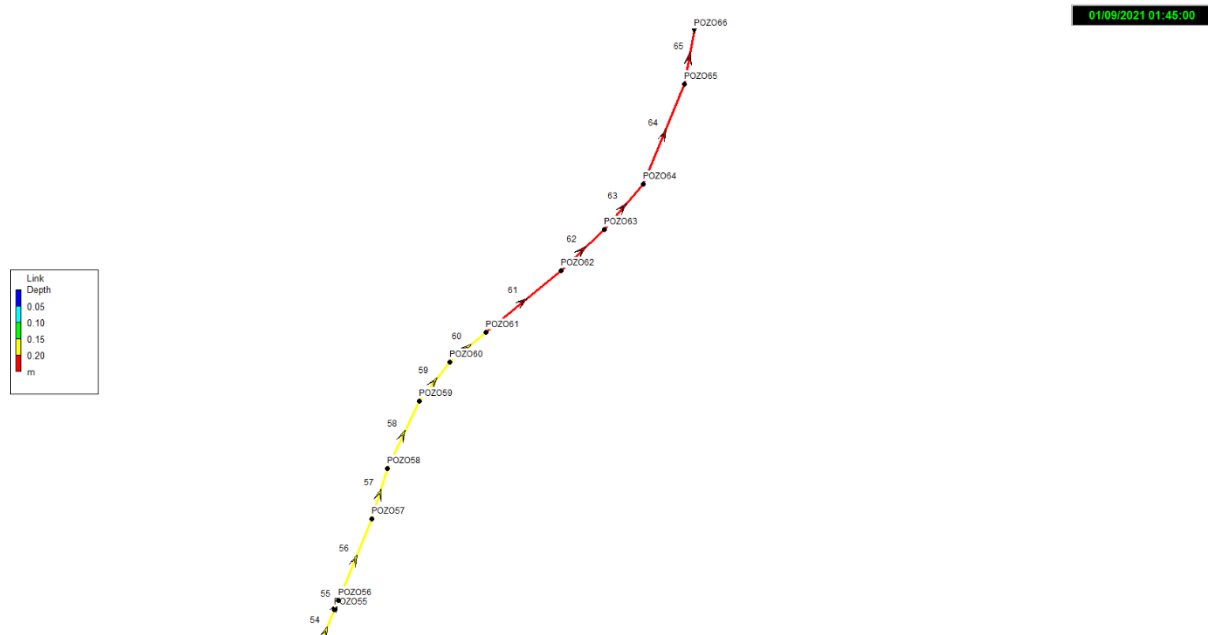
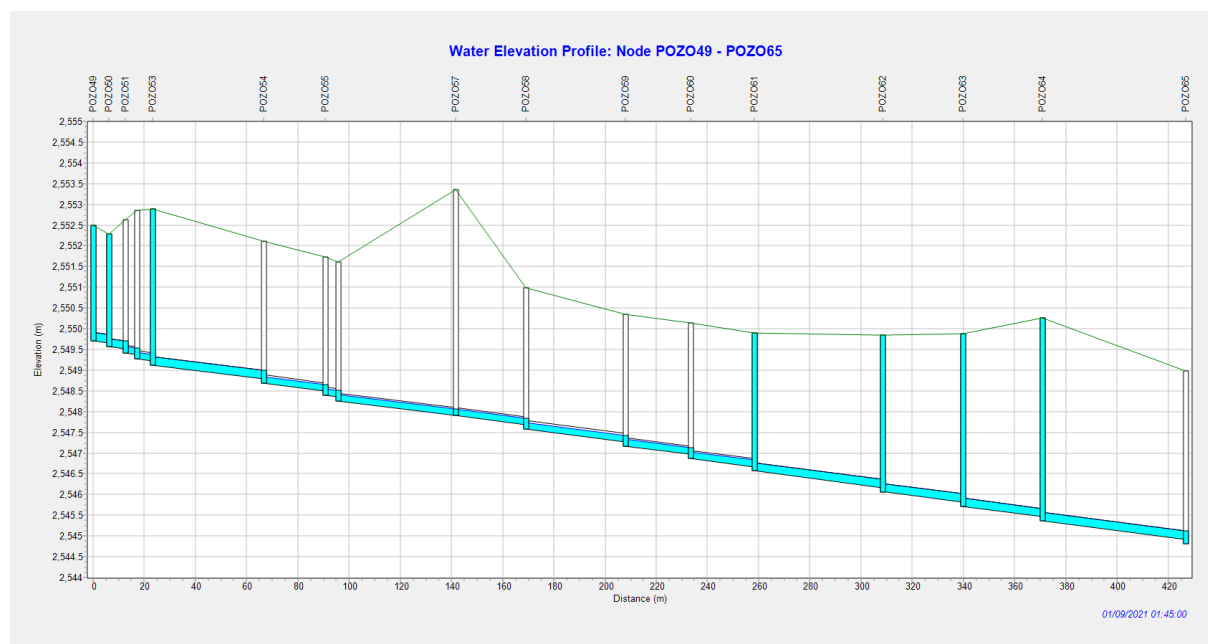


FIGURA 8 se observa que los tramos 49, 50, 53 y todos los posteriores al punto 61 operan bajo condiciones de presión, lo que provoca la inundación de los pozos 49, 50, 53, 61, 62 y 63. En estos casos, el nivel del agua supera la profundidad máxima asignada al nodo, lo que indica que se produce un desbordamiento del flujo hacia la superficie.

**Figura 9.8**

Vista en perfil del trazado desde el pozo 49 al pozo 65. (D=0.2m)



En la *Tabla 9.2* se presenta el reporte del punto de descarga para este escenario, en el cual se detallan el flujo promedio, que corresponde al caudal medio de descarga registrado durante el período de simulación, el flujo máximo que indica el caudal pico alcanzado en el punto de descarga y el volumen total que representa la cantidad acumulada de agua descargada a lo largo de todo el período de simulación, expresada en millones de litros. En este escenario el volumen total descargado es de  $0.663 \cdot 10^6$  l (663m<sup>3</sup>).

**Tabla 9.2**

*Reporte del punto de descarga. (D=0.2m)*

<b>Tubería de diámetro de 200mm, a=20cm</b>			
<b>Descarga</b>	<b>Caudal promedio</b>	<b>Caudal máximo</b>	<b>Volumen total descargado</b>
	<b>L/s</b>	<b>LPS</b>	<b>10<sup>6</sup> ltr</b>
POZO66	30.7	34.7	0.663

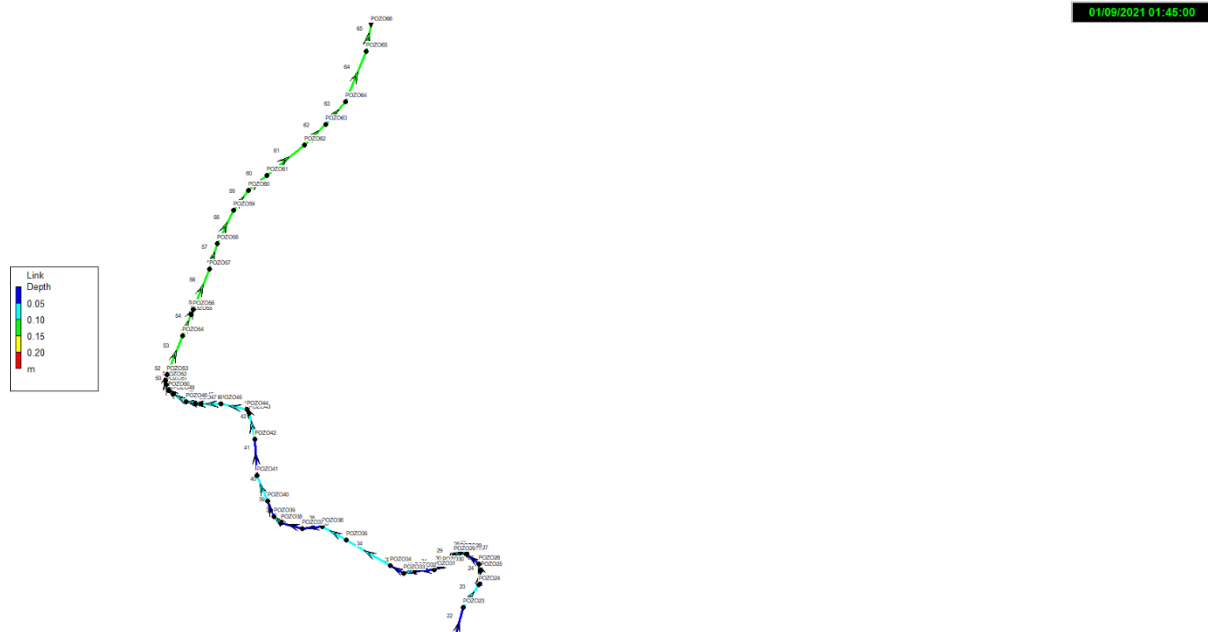
**9.1.1.2. Caso 2: Orificio con compuerta con abertura al 75% de Y/D**

En este caso de estudio se evalúa el comportamiento de un interceptor de 200 mm de diámetro con una compuerta de entrada, cuya abertura es de 10 cm. El hidrograma correspondiente al caudal de ingreso hacia el interceptor (*Tabla 13.15*), a través del orificio con dicha abertura, fue incorporado en el programa SWMM para su simulación. Los resultados obtenidos se presentan en la *Tabla 13.35*, donde se evidencia que los valores de la relación Y/D se mantienen por debajo del límite máximo permitido de 0.75, conforme a la normativa vigente. En los tramos comprendidos entre los pozos 49 y 66, en donde anteriormente se registraban problemas de inundación en ausencia de compuerta, se observa una mejora significativa. La relación Y/D máxima alcanza un valor de 0.69 en los últimos tramos, lo que indica un funcionamiento hidráulico adecuado bajo condiciones de evento de lluvia como las evaluadas.

La *Figura 9.9* presenta la vista en planta del trazado desde el pozo 23 hasta el pozo 66, donde se puede verificar que el calado máximo en los tramos críticos se encuentra en un rango de 0.10 a 0.15 metros. Además, en la *Figura 9.10* se muestra la vista en perfil del trazado entre los pozos 49 y 65, en la cual se confirma que el interceptor trabaja completamente a gravedad y no se presentan eventos de inundación en los pozos, como sí ocurría en el escenario con la compuerta completamente abierta.

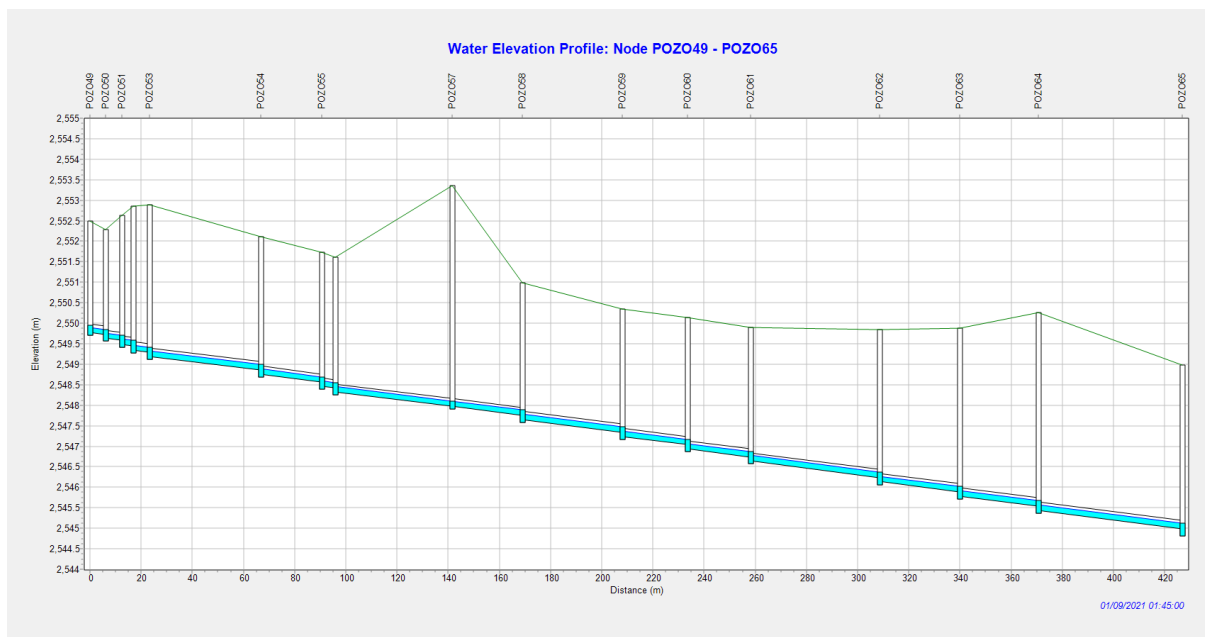
**Figura 9.9**

Vista en planta del trazado desde el pozo 23 al pozo 66. ( $D=0.2m$ ,  $a=0.1m$ )



**Figura 9.10**

Vista en perfil del trazado desde el pozo 49 al pozo 65. ( $D=0.2m$ ,  $a=0.1m$ )



En la *Tabla 9.3* se presenta el reporte del punto de descarga del sistema para el escenario analizado. En dicha tabla se determina que el volumen total de agua evacuado durante el periodo de simulación alcanza los 502 m<sup>3</sup>. Este valor representa la cantidad acumulada de caudal que ha salido del sistema a través del punto de descarga, como resultado del evento de lluvia considerado.

**Tabla 9.3**

Reporte del punto de descarga. ( $D=0.2m$ ,  $a=0.1m$ )

Tubería de diámetro de 200mm, a=10cm			
Descarga	Caudal promedio	Caudal máximo	Volumen total descargado
	L/s	LPS	10 <sup>6</sup> ltr
POZO66	23.3	28.3	0.502

### 9.1.2. Tubería de diámetro de 270mm

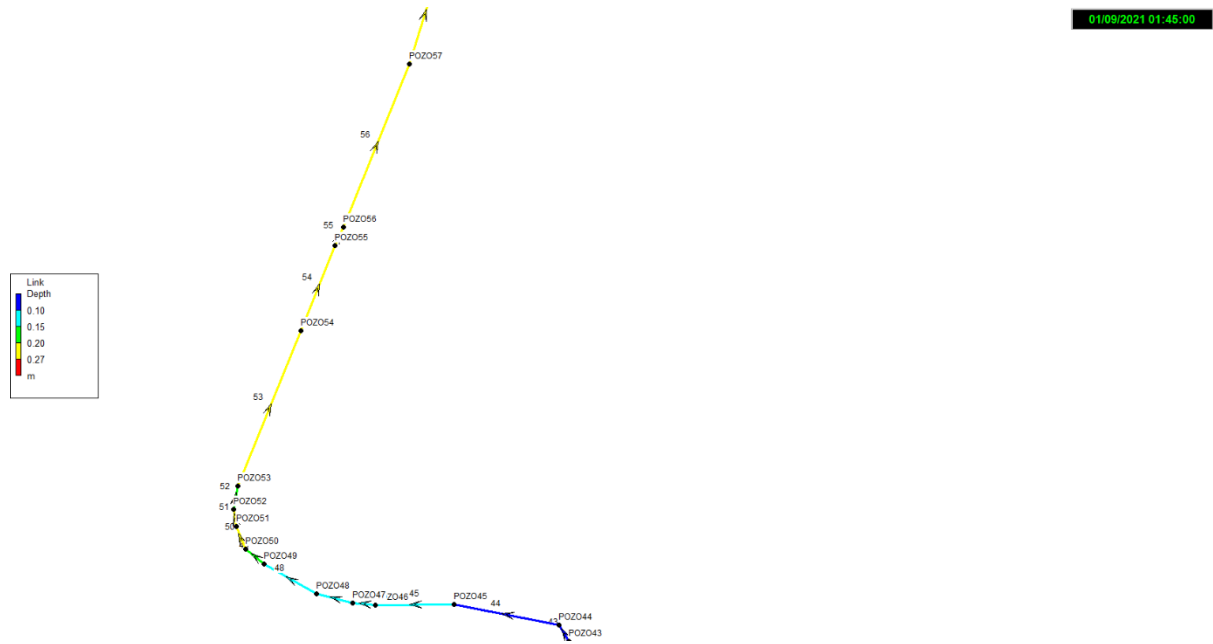
#### 9.1.2.1. Caso 1: Orificio con compuerta completamente abierta

Con el hidrograma correspondiente al diseño del interceptor de tubería de 270 mm de diámetro, presentado en la *Tabla 13.18*, se procede a analizar este escenario en el programa SWMM, incorporando los datos mediante un archivo de serie temporal. El reporte obtenido se resume en la *Tabla 13.36*, donde se observa que, a partir del tramo 50 se presentan inconvenientes en la relación Y/D, ya que se supera el valor máximo permitido de 0.75, con excepción de los tramos 52 y 54, donde dicha relación se mantiene dentro del límite establecido. Sin embargo, estos tramos superan levemente al valor estipulado por la norma, la mayor relación Y/D registrada corresponde al tramo 53 con un valor máximo de 0.78. Por lo que el sistema continúa operando bajo condiciones de flujo a gravedad y no se generan eventos de inundación.

En la *Figura 9.11* se aprecia con mayor claridad que los tramos 50 y 51 superan un calado de 0.2 m, lo que indica que en estos tramos se excede la relación Y/D máxima permitida. Asimismo, tanto en la *Figura 9.11* como en la *Figura 9.12*, se puede observar que a partir del pozo 53 todos los tramos presentan calados superiores a 0.2 m, lo que confirma que en estas secciones también se sobrepasa el límite establecido para la relación Y/D.

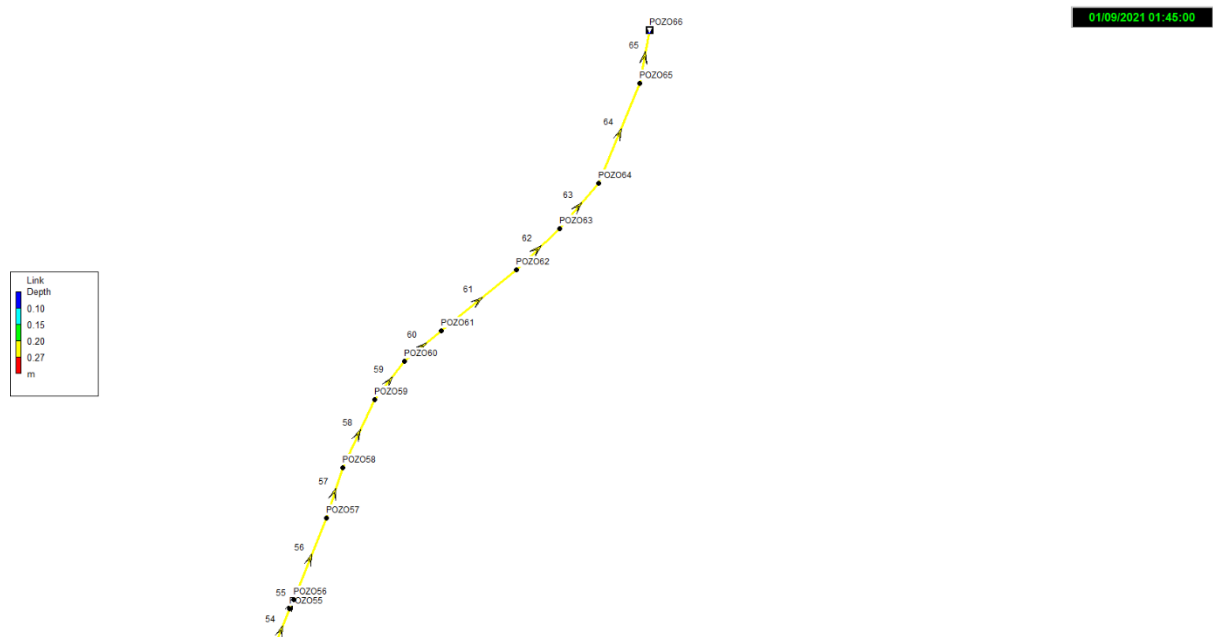
**Figura 9.11**

Vista en planta del trazado desde el pozo 43 al pozo 57. ( $D=0.27m$ )



**Figura 9.12**

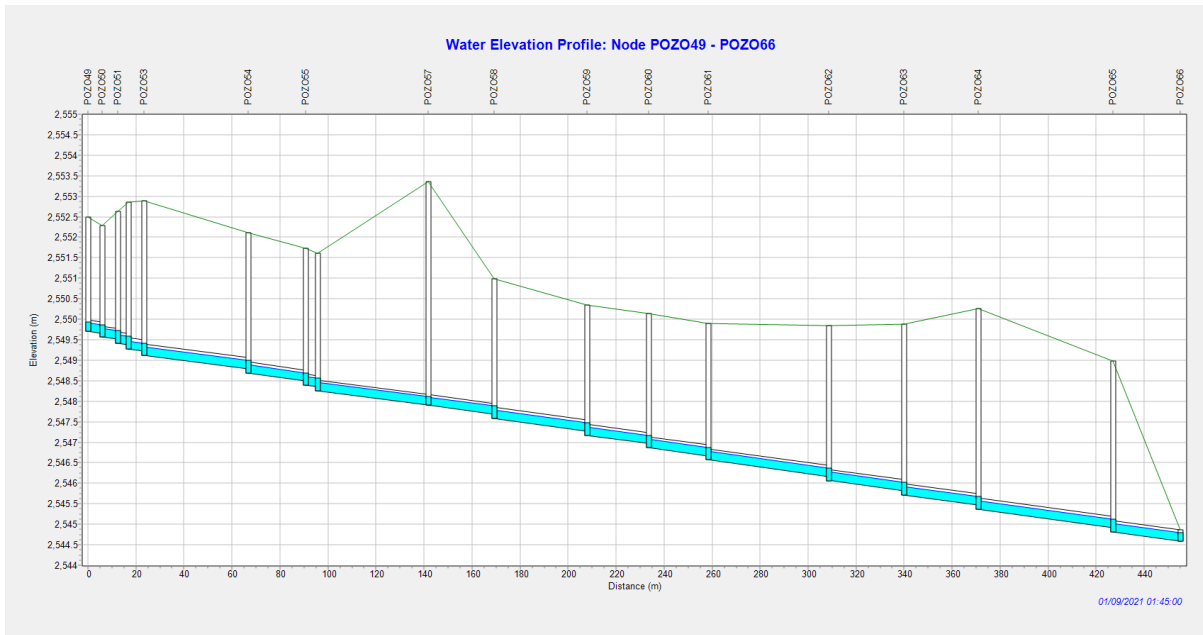
Vista en planta del trazado desde el pozo 55 al pozo 66. ( $D=0.27m$ )



En la *Figura 9.13* se muestra la vista en perfil del trazado comprendido entre el pozo 49 y el pozo 65, la cual incluye la representación de la lámina de agua a la hora pico del hidrograma de crecida para este escenario. En esta figura se puede evidenciar que el interceptor continúa operando a gravedad, incluso durante la hora de mayor caudal.

Figura 9.13

Vista en perfil del trazado desde el pozo 49 al pozo 65. (D=0.27m)



En la *Tabla 9.4* se presenta el reporte correspondiente al punto de descarga del sistema para el escenario analizado, donde se define que el volumen total de agua evacuado durante el periodo de simulación alcanza los 1024 m<sup>3</sup>.

Tabla 9.4

Reporte del punto de descarga. (D=0.27m)

Tubería de diámetro de 270mm, a=27cm			
Descarga	Caudal promedio	Caudal máximo	Volumen total descargado
	L/s	LPS	10 <sup>6</sup> ltr
POZO66	47.5	72.8	1.024

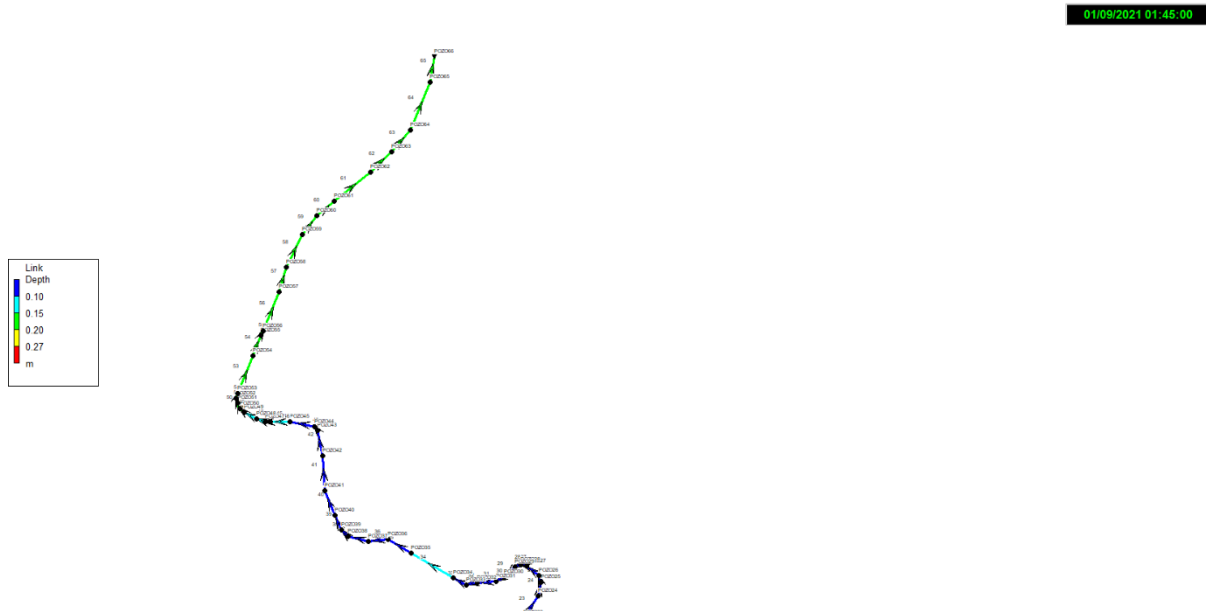
9.1.2.2. Caso 2: Orificio con compuerta con abertura al 75% de Y/D

Los resultados de la simulación, correspondiente al hidrograma de caudal que ingresa al interceptor de diámetro de 0.27m a través del orificio con compuerta con una abertura de 0.22m (*Tabla 13.22*), se presentan en la *Tabla 13.37*. En la *Figura 9.14* se observa que, en los tramos comprendidos entre el pozo 50 y el pozo 66, el calado no supera los 20 cm, lo que confirma que no se excede la relación Y/D permitida. Asimismo, en la *Figura 9.15* se muestra la vista en perfil del trazado del interceptor entre los pozos 45 y 66, donde se evidencia una

reducción en el calado respecto al escenario con la compuerta completamente abierta, presentado previamente en la *Figura 9.13*.

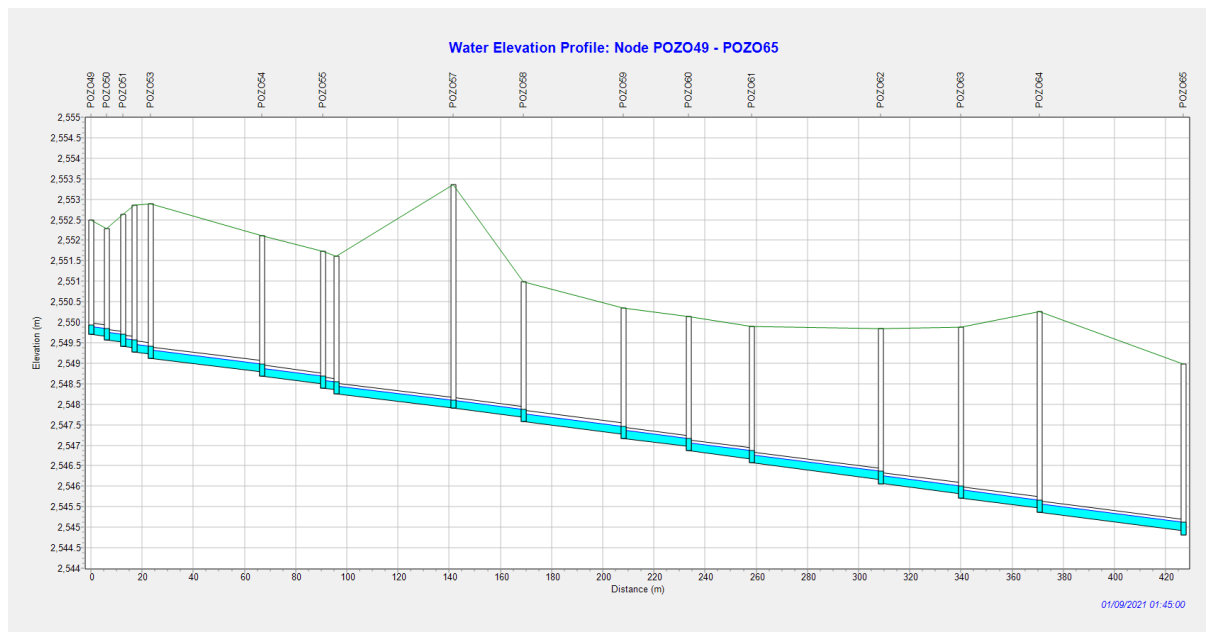
**Figura 9.14**

*Vista en planta del trazado desde el pozo 24 al pozo 66. (D=0.27m, a=0.22m)*



**Figura 9.15**

*Vista en perfil del trazado desde el pozo 49 al pozo 65. (D=0.27m, a=0.22m)*



En la *Tabla 9.5* se indica que el volumen total descargado en el punto de salida durante el evento de lluvia analizado es de 1024 m<sup>3</sup>, lo que refleja el caudal acumulado evacuado por el sistema en ese escenario.

**Tabla 9.5**

Reporte del punto de descarga. ( $D=0.27m$ ,  $a=0.22m$ )

Tubería de diámetro de 270mm, a=22cm			
Descarga	Caudal promedio	Caudal máximo	Volumen total descargado
	L/s	LPS	10 <sup>6</sup> ltrs
POZO66	47.4	68.4	1.024

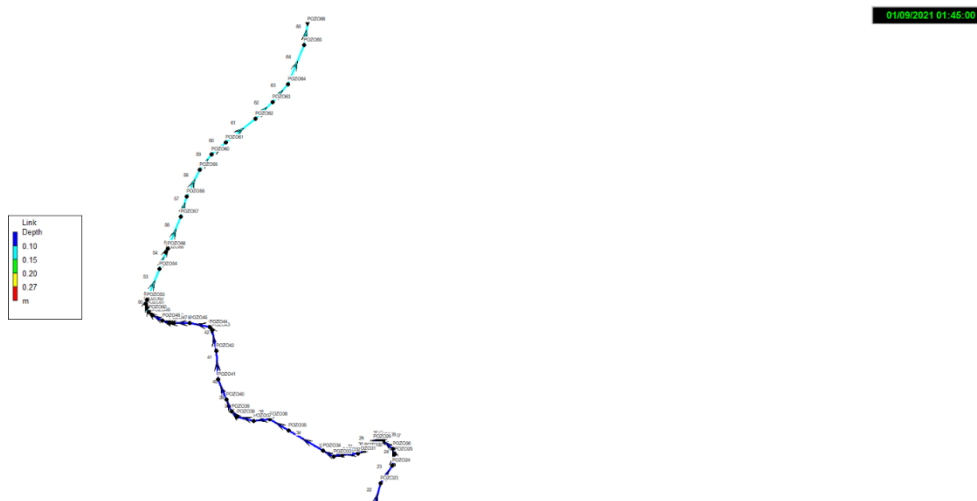
### 9.1.2.3. Caso 3: Orificio con compuerta con abertura igual al radio de la tubería

En este escenario se analiza el funcionamiento de un interceptor de 270 mm de diámetro con una compuerta de entrada con una abertura de 0.135 metros. El hidrograma correspondiente a este evento de lluvia, presentado en la *Tabla 13.25*, fue ingresado al programa SWMM para su evaluación. Los resultados de la simulación se presentan en la *Tabla 13.38*, se determina que la relación Y/D máxima alcanzada es de 0.55, valor que se encuentra dentro del límite normativo establecido.

En la *Figura 9.16* se muestra la vista en planta del trazado comprendido entre los pozos 24 y 66, donde se observa que el calado no supera los 15 cm, lo que indica que el interceptor opera en condiciones hidráulicas óptimas. En la *Figura 9.17* presenta la vista en perfil del tramo entre los pozos 49 y 65. En esta figura se puede apreciar que la lámina de agua, indicativa del calado, es menor en comparación con la observada en la *Figura 9.15*, correspondiente al escenario con compuerta de abertura de 0.22m.

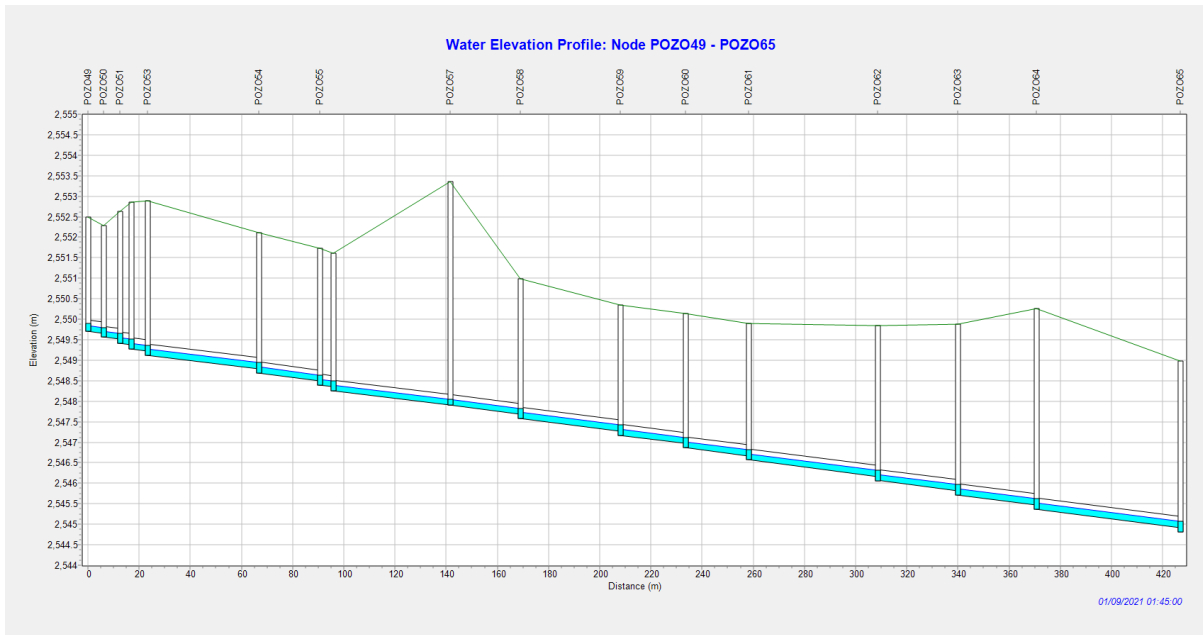
**Figura 9.16**

Vista en planta del trazado desde el pozo 24 al pozo 66. ( $D=0.27m$ ,  $a=0.135m$ )



**Figura 9.17**

Vista en perfil del trazado desde el pozo 49 al pozo 65. ( $D=0.27m$ ,  $a=0.135m$ )



En la *Tabla 9.6* se presenta el reporte del punto de descarga correspondiente al escenario analizado, en el cual se determina que el volumen total de agua evacuado por el sistema durante todo el periodo de simulación es de 765 m<sup>3</sup>.

**Tabla 9.6**

Reporte del punto de descarga. ( $D=0.27m$ ,  $a=0.135m$ )

Tubería de diámetro de 270mm, a=13.5cm			
Descarga	Caudal promedio	Caudal máximo	Volumen total descargado
	L/s	LPS	10 <sup>6</sup> ltr
POZO66	35.5	45.7	0.765

**9.1.3. Tubería de diámetro de 300mm**

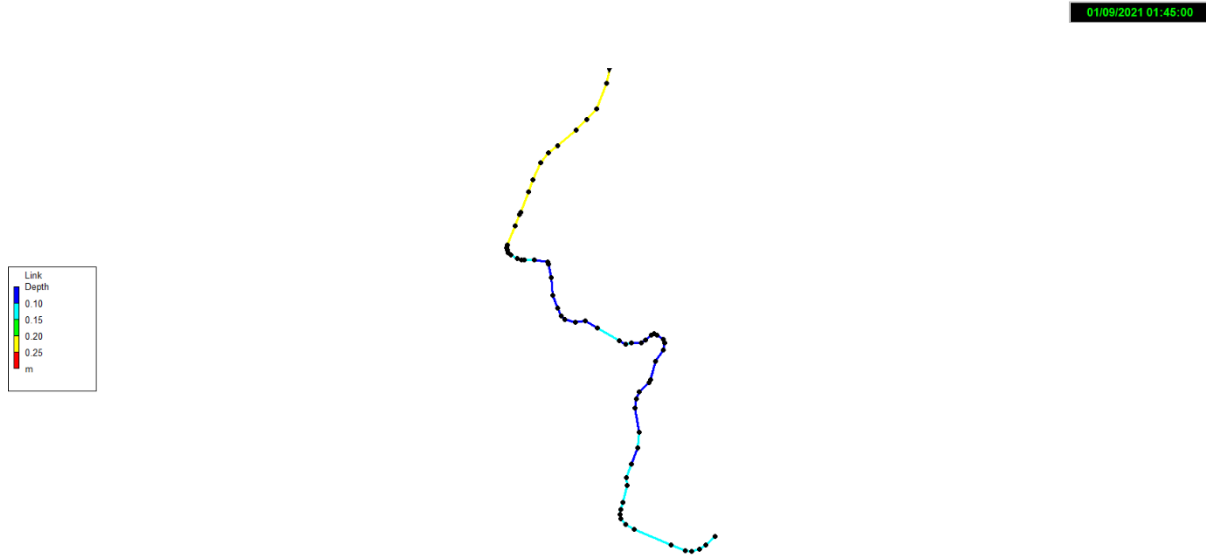
**9.1.3.1. Caso 1: Orificio con compuerta completamente abierta**

Los resultados de la simulación para este escenario se presentan en la *Tabla 13.39*, la cual muestra el reporte partir de la simulación del hidrograma presentado en la *Tabla 13.28*. En la *Figura 9.18* se observa que hasta antes del pozo 49 el calado en cada tramo no supera los 0.15 m. A partir del pozo 49, los tramos alcanzan calados que oscilan entre 0.20 y 0.25 m. Sin embargo, en ningún caso se sobrepasa el Y/D máximo, esto indica que el interceptor

opera en todo momento bajo condiciones de flujo a gravedad. En la *Figura 9.19* se presenta el perfil del trazado comprendido entre el pozo 49 y el pozo 65, donde se evidencia que el sistema continúa funcionando a gravedad incluso durante la hora pico del evento de lluvia.

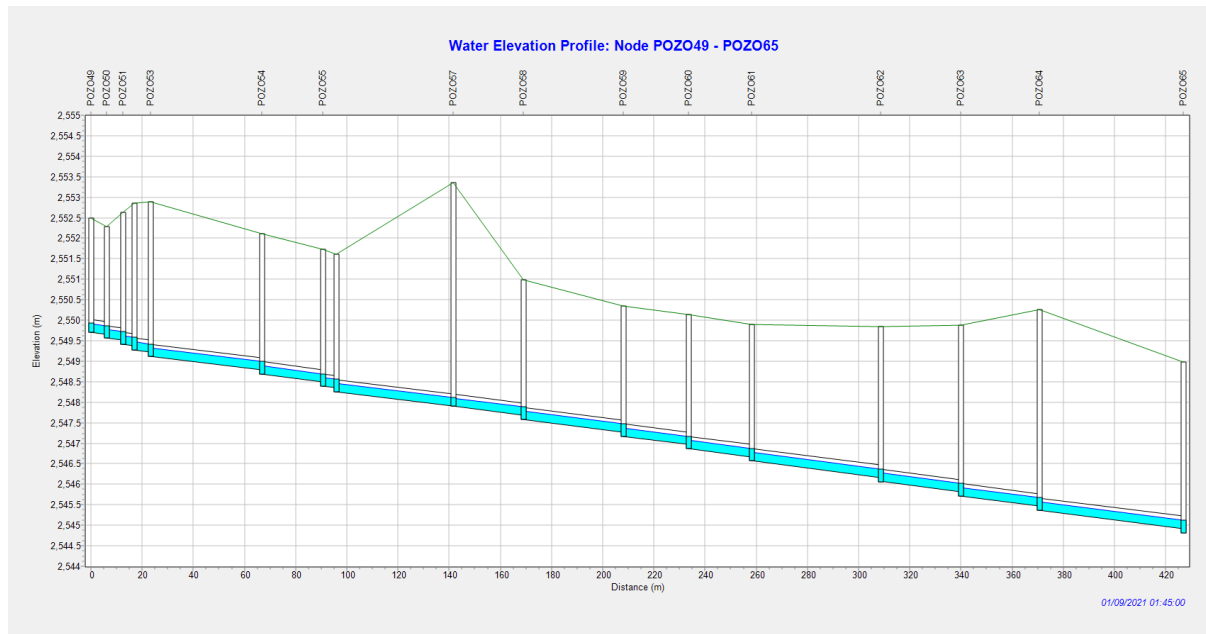
**Figura 9.18**

*Vista en planta del trazado. (D=0.3m)*



**Figura 9.19**

*Vista en perfil del trazado desde el pozo 49 al pozo 65. (D=0.3m)*



En la *Tabla 9.7* se indica que el volumen total descargado en este escenario es de 1128 m<sup>3</sup>, lo que refleja la cantidad de agua evacuada por el sistema durante todo el periodo de simulación, combinando caudales pluviales y sanitarios.

**Tabla 9.7**

*Reporte del punto de descarga. (D=0.3m, a=0.3m)*

<b>Tubería de diámetro de 300mm, a=30cm</b>			
<b>Descarga</b>	<b>Caudal promedio</b>	<b>Caudal máximo</b>	<b>Volumen total descargado</b>
	<b>L/s</b>	<b>LPS</b>	<b>10<sup>6</sup> ltr</b>
POZO66	52.3	84.9	1.128

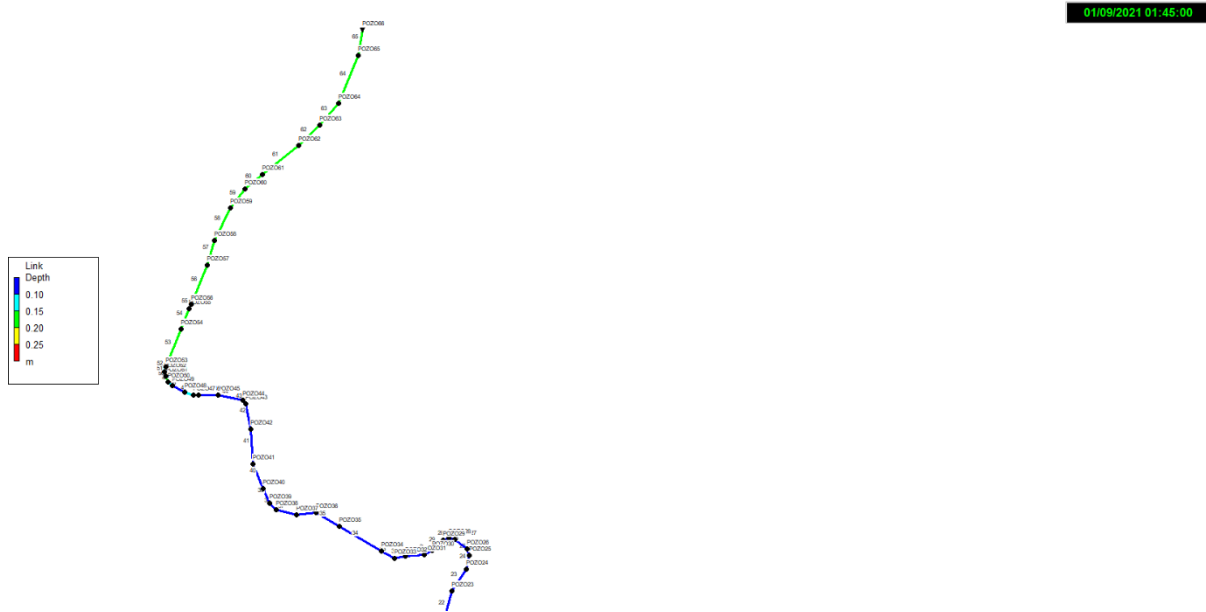
### 9.1.3.2. Caso 3: Orificio con compuerta con abertura igual al radio de la tubería

En este escenario se analiza el desempeño de un interceptor de 300 mm de diámetro con una compuerta de entrada con de 15 cm. El hidrograma correspondiente, obtenido en la *Tabla 13.31*, fue ingresado al programa SWMM para su evaluación. Los resultados de la simulación se presentan en la *Tabla 13.40*, donde se evidencia que la relación Y/D máxima alcanzada es de 0.52, valor considerablemente inferior al límite normativo de 0.75, lo que indica un comportamiento hidráulico adecuado.

En la *Figura 9.20* se presenta la vista en planta del trazado comprendido entre los pozos 23 y 66. En ella se puede observar que los tramos entre los pozos 49 y 66, tramos que comúnmente presentan inconvenientes, mantienen calados en el rango de 0.15 a 0.20 m. De igual manera, la *Figura 9.21* muestra la vista en perfil del tramo entre los pozos 49 y 65, donde se aprecia que la lámina de agua, en relación con el diámetro de la tubería, se encuentra alrededor de 0.55. Por lo tanto, ante un evento de lluvia como el considerado en este análisis, el interceptor de 300 mm de diámetro con compuerta de 15 cm de abertura operaría en condiciones hidráulicas óptimas, sin generar problemas de presión o inundación en el sistema.

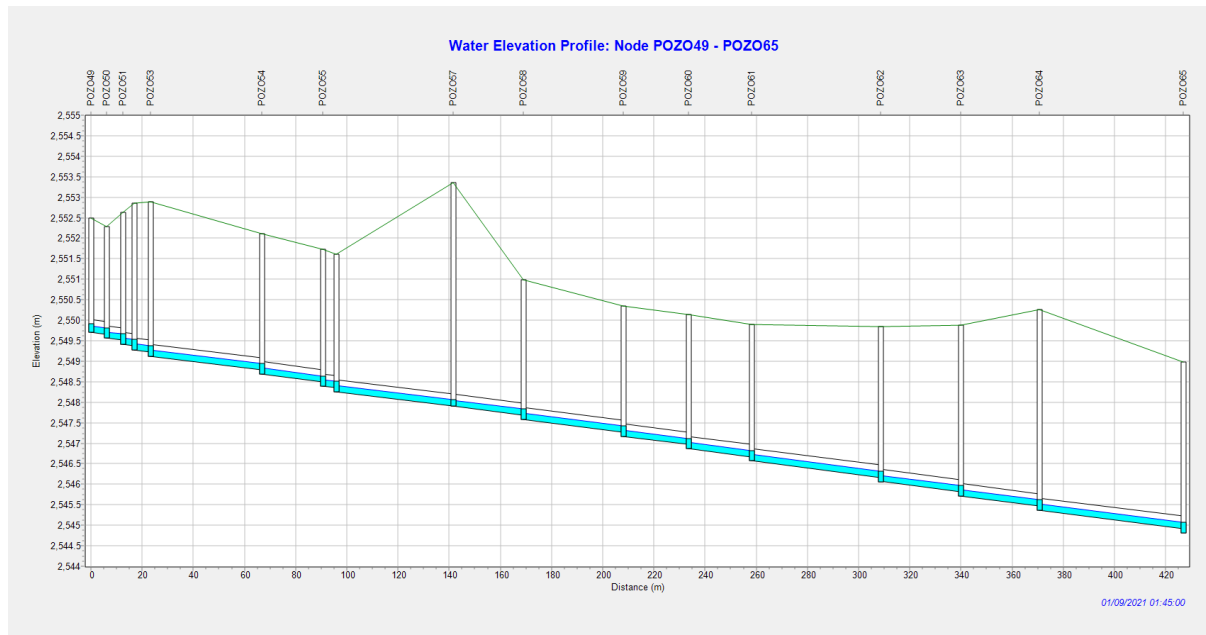
**Figura 9.20**

Vista en planta del trazado desde el pozo 23 al pozo 66. ( $D=0.3m$ ,  $a=0.15m$ )



**Figura 9.21**

Vista en perfil del trazado desde el pozo 49 al pozo 65. ( $D=0.3m$ ,  $a=0.15m$ )



La *Tabla 9.8* presenta que el volumen total evacuado en este escenario alcanza los 883 m<sup>3</sup>, lo cual representa la suma del agua descargada por el sistema a lo largo de toda la simulación, incluyendo tanto el caudal de aguas lluvias como el sanitario.

**Tabla 9.8**

Reporte del punto de descarga. ( $D=0.3m$ ,  $a=0.15m$ )

Tubería de diámetro de 300mm, a=15cm			
Descarga	Caudal promedio	Caudal máximo	Volumen total descargado
	L/s	LPS	10 <sup>6</sup> ltr
POZO66	40.9	54.4	0.883

## 9.2. Resultados de la simulación del evento de lluvia en el programa SWMM

En cuanto a los parámetros hidráulicos correspondientes al caudal pico, los resultados obtenidos mediante la simulación en SWMM son consistentes con los valores calculados previamente en el análisis realizado con el programa Excel, los cuales se analizaron en la sección 8.3. Sin embargo, para este evento de lluvia, es importante analizar el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo, con especial atención al punto de descarga, ya que en este se reporta el volumen total evacuado durante toda la duración del evento, incluyendo tanto el caudal de aguas lluvias como el sanitario.

En el caso del diseño del interceptor con una tubería de 200 mm de diámetro, la *Tabla 9.9* presenta el resumen de los volúmenes descargados, registrando un volumen total de 663 m<sup>3</sup> cuando la compuerta se encuentra completamente abierta. Es importante recalcar que, como se evidenció en la sección 9.1.1.1, este escenario presenta inundaciones en varios pozos, lo que ocasiona el desbordamiento del flujo hacia la superficie, el volumen que se presenta en dicha tabla no contempla el agua que se pierde por el desbordamiento en los pozos inundados. Cuando la abertura de la compuerta es de 10 cm, el volumen total descargado disminuye a 502 m<sup>3</sup>, lo que evidencia una reducción significativa del caudal que ingresa al interceptor. Esta disminución se debe al control ejercido por la compuerta, que limita el ingreso de agua hacia el sistema, reduciendo así la carga hidráulica y ayudando a evitar problemas de presión e inundación en los pozos.

**Tabla 9.9**

*Volumen descargado para cada caso del diseño del interceptor de diámetro de tubería de 200mm.*

<b>Tubería de diámetro de 200mm</b>	
<b>Abertura</b>	<b>Volumen total descargado</b>
<b>cm</b>	<b>m3</b>
20	663
10	502

Como se muestra en la *Tabla 9.10*, en el diseño del interceptor con tubería de 270 mm de diámetro, cuando la compuerta se encuentra completamente abierta, el volumen total descargado alcanza los 1024 m3. Al reducir la abertura de la compuerta a 22 cm, con el objetivo de mejorar el comportamiento hidráulico del sistema, el volumen descargado no presenta una diferencia significativa respecto al caso sin restricción, debido a que la reducción del área es mínima. Sin embargo, al disminuir la abertura a 13.5 cm, se observa una reducción considerable del volumen descargado, alcanzando los 765 m3, lo que demuestra la efectividad de esta medida para limitar el caudal que ingresa al interceptor.

**Tabla 9.10**

*Volumen descargado para cada caso del diseño del interceptor de diámetro de tubería de 270mm.*

<b>Tubería de diámetro de 270mm</b>	
<b>Abertura</b>	<b>Volumen total descargado</b>
<b>cm</b>	<b>m3</b>
27	1024
22	1024
13.5	765

En el caso del diseño del interceptor con una tubería de 300 mm de diámetro, no se presentan inconvenientes en cuanto a los parámetros hidráulicos, ya que el sistema opera de forma adecuada bajo dichas condiciones. Sin embargo, como se muestra en la *Tabla 9.11*, cuando la compuerta se encuentra completamente abierta, el volumen total descargado es de 1128

m<sup>3</sup>, lo cual es significativamente alto. En el caso de que abertura de la compuerta es de 15 cm, el volumen descargado se reduce a 883 m<sup>3</sup>. Aunque esta disminución es notable, el volumen sigue siendo elevado en comparación con los obtenidos en los diseños con tuberías de 200 mm y 270 mm, lo que podría representar una mayor carga para la planta de tratamiento.

**Tabla 9.11**

*Volumen descargado para cada caso del diseño del interceptor de diámetro de tubería de 300mm.*

Tubería de diámetro de 300mm	
Abertura	Volumen total descargado
cm	m <sup>3</sup>
30	1128
15	883

Además, se realizó un análisis considerando el caso en que las tuberías fueran reemplazadas por tuberías de hormigón. Este análisis fue posible gracias a la flexibilidad del programa SWMM, el cual permite modificar de forma ágil las variables del sistema y observar rápidamente los efectos en el comportamiento hidráulico.

Sin embargo, como se evidencia en las desde la *Tabla 13.41* hasta la *Tabla 13.47*, las condiciones hidráulicas bajo el uso de tuberías de hormigón resultan más desfavorables en comparación con las de PVC. Esto se debe a que el calado aumenta, lo que incrementa la relación Y/D, superando el valor máximo permisible en varios tramos.

En los escenarios evaluados, con la compuerta completamente abierta, se presentan inundaciones tanto para tuberías de 200 mm, 270 mm y 300 mm de diámetro. De igual forma, en los casos donde se regula la abertura de la compuerta para que la relación Y/D no supere 0,75, se observa que aún se producen inundaciones en las tuberías de 200 mm y 270 mm de diámetro.

En el caso cuando la abertura de la compuerta se limita a una altura igual al diámetro de la tubería analizada, se observa que en el caso de las tuberías de 270 mm y 300 mm de diámetro ya se alcanzan condiciones hidráulicas óptimas, sin presencia de inundaciones. En cambio, con tuberías de 200 mm, las inundaciones persisten incluso con dicha restricción.

Por lo tanto, se concluye que no es recomendable utilizar tuberías de hormigón en este sistema, ya que no aportan ventajas hidráulicas en este contexto específico. El uso de tuberías de hormigón sería apropiado en situaciones donde sea necesario reducir la velocidad del flujo; sin embargo, en este caso particular, no se presentan inconvenientes relacionados con velocidades excesivas.

En base a todo lo anteriormente expuesto, se concluye que el diseño definitivo del interceptor debe considerar una tubería de PVC de 270 mm de diámetro. Con una abertura de compuerta de 13.5 cm, se alcanza un volumen descargado de 765 m<sup>3</sup>, un valor intermedio entre los volúmenes obtenidos en los escenarios con tuberías de 200 mm y 300 mm. Además, como se ha detallado en secciones previas, este diseño presenta un buen desempeño hidráulico. Incluso en el caso de una falla en la compuerta, no se producirían condiciones de presión en los tramos del interceptor ni inundaciones en los pozos, lo que garantiza una operación segura y eficiente del sistema.

## 10. Resultados

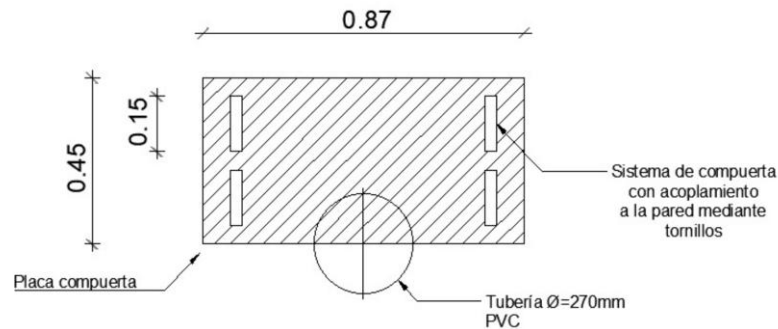
El diseño definitivo del interceptor para la nueva ubicación de la PTAR para el centro parroquial de Santa Ana contempla la instalación de una tubería con un diámetro constante de 270 mm a lo largo de todo su trazado. En cuanto a la profundidad, longitud y pendiente de cada tramo, estos parámetros se resumen en la *Tabla 13.48*, donde también se especifica la profundidad inicial y final correspondiente a cada uno de ellos.

Al inicio del interceptor se ha dispuesto una compuerta que, durante condiciones normales de operación, debe mantenerse con una abertura de 13,5 cm. Sin embargo, esta puede ampliarse hasta 22 cm en caso de ser necesario, con el fin de asegurar un comportamiento hidráulico óptimo del sistema. El detalle de la compuerta se detalla a continuación en la **sección 13.8**.

**Figura 10.1** al igual que en los planos anexados en la sección 13.8.

### Figura 10.1

*Detalle de compuerta de entrada al interceptor.*



## 10.1. Pozos de revisión

### 10.1.1. Intervención de pozos existentes

Los pozos de revisión que existen actualmente se describieron en base a la información levantada en campo, cada uno de ellos se encuentran en actual funcionamiento.

Según lo especificado en un principio, la propuesta se basa en cambiar la dirección actual de una porción del caudal que llega a la PTAR del Cementerio, es por esto que se requiere aislar dos tuberías que llegan respectivamente a los pozos como se indica de forma general en la *Figura 10.2*. Los pozos de intervención están especificados en la *Figura 10.4* y *Figura 10.5*. Este procedimiento se realiza para aislar la nueva cuenca del Cementerio.

### Figura 10.2

*Imagen satelital de la ubicación de los pozos intervenidos*



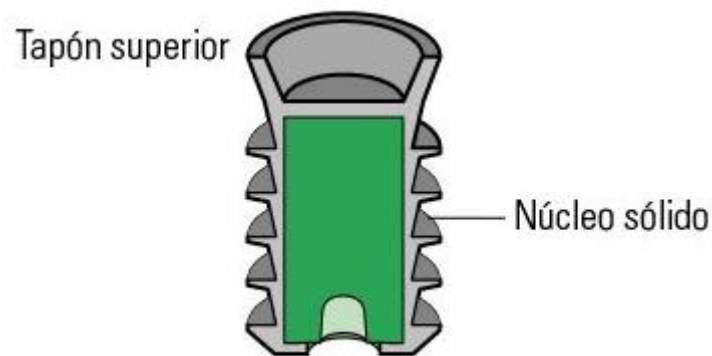
El aislamiento de las tuberías se realiza mediante tapones extensibles para tubos de baja presión, en este caso puesto que la tubería es de alcantarillado. Estos tapones son colocados

en el extremo de la tubería que se requiere aislar, se le aplica una presión para que se expanda y contacte con las paredes de la tubería (NET SEALS, 2024).

Este procedimiento se complementa con una lechada de hormigón; previamente a esto, se debe limpiar la zona interna de la tubería, luego aplicarse la lechada para rellenar el tapón de forma interna tal y como se indica en la *Figura 10.3* (Energy Glossary, 2025).

**Figura 10.3**

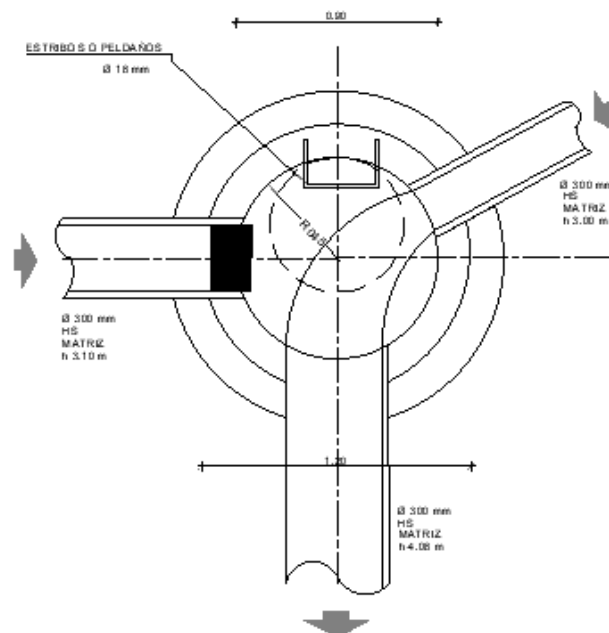
*Sistema de aislamiento con tapón expansible y lechada de hormigón.*



Nota: Esta imagen es extraída de: (Energy Glossary, 2025).

**Figura 10.4**

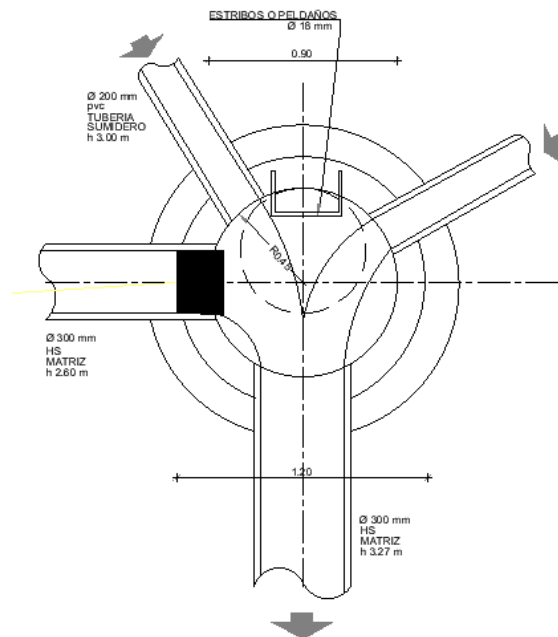
*Vista en planta del Pozo 1 con la tubería que requiere aislarse de D=300 mm.*



Nota: Se observa en la tubería de entrada de la izquierda representado de un rectángulo negro el tapón extensible.

**Figura 10.5**

*Vista en planta del Pozo 2 con la tubería que requiere aislarse de D=300 mm.*

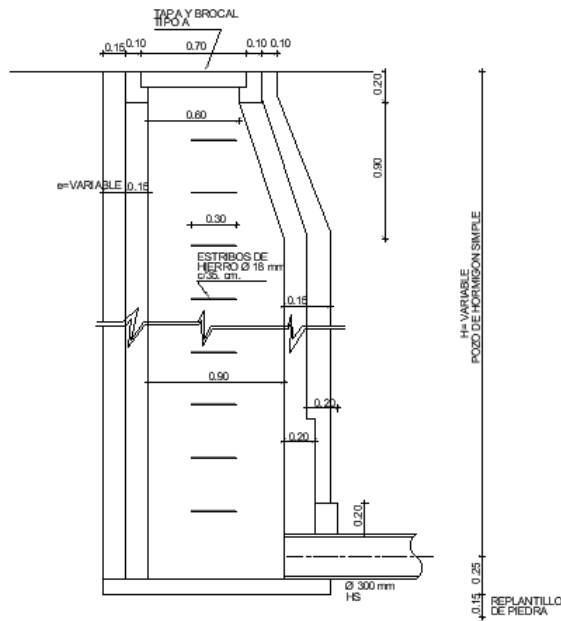


Nota: Al igual que en la Figura anterior, de color negro se encuentra el tapón extensible.

Una vez sellado los tramos indicados previamente, se deben construir dos pozos de cabecera nuevos para poder realizar la inspección en caso de ser requerido. Estos se constituirán conforme a lo indicado en la *Figura 10.6*.

**Figura 10.6**

*Pozos de cabecera diseñados para la nueva conducción.*



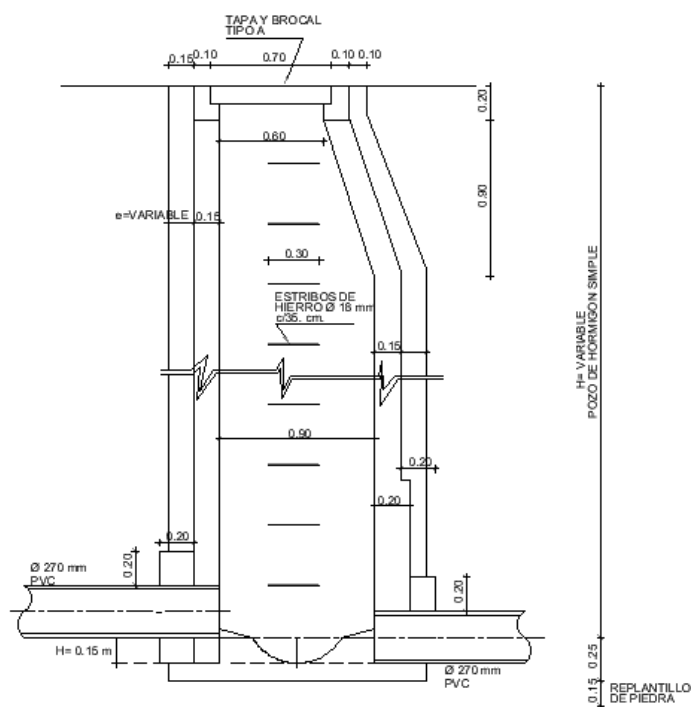
**10.1.2. Pozos tipo**

Para el diseño del nuevo interceptor se asignó una numeración a cada uno de los 65 pozos para poder identificarlos en caso de ser necesario tal y como se describe en la *Tabla 13.49*. Aquí también se observa que existen dos tipos de pozos, uno que tiene un salto de 10 cm (Tipo 1) y un segundo con un salto de 15 cm (Tipo 2), ambos respecto al suelo del pozo verse en la *Figura 10.7* y *Figura 10.8* respectivamente. También se indica la “profundidad a invert”, la cual hace referencia a la distancia existente entre el nivel de la superficie y la parte inferior o piso del pozo de revisión.

**Figura 10.7**

*Vista en perfil del Pozo Tipo 1 con salto de 10 cm para la nueva conducción.*



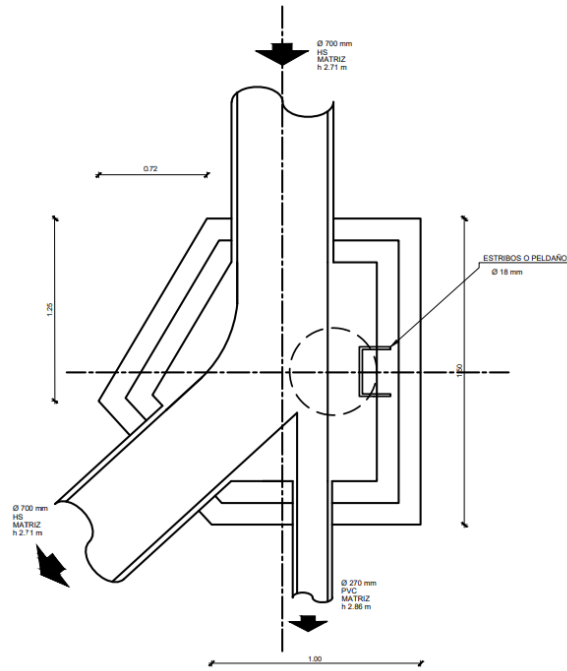


### 10.1.3. Pozo de derivación

El detalle del diseño geométrico del pozo de derivación se presenta a continuación en la *Figura 10.9*, donde se muestra una vista en planta, mientras que en la *Figura 10.10* se presenta la vista en perfil. Ambas figuras también se encuentran anexadas en la 13.8 del documento. Estas representaciones permiten visualizar con mayor precisión las dimensiones características estructurales consideradas en el diseño.

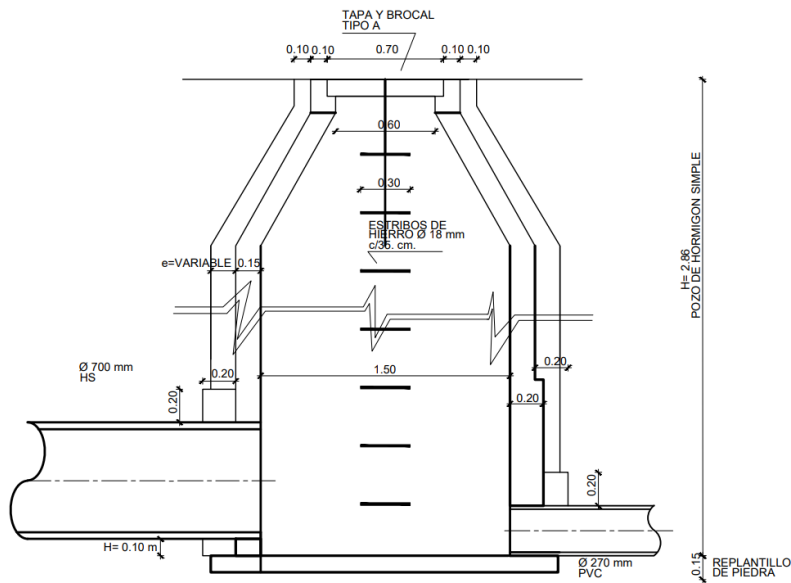
### Figura 10.9

*Vista en planta del pozo de derivación.*



**Figura 10.10**

*Vista en perfil del pozo de derivación.*



## 11. Conclusiones y recomendaciones

Con base en el análisis integral realizado en el presente trabajo de titulación, se exponen a continuación las principales conclusiones obtenidas:

- El diseño final del interceptor debe contemplar el uso de tubería de PVC tipo B (NTE INEN 2 059, 2010) de diámetro exterior nominal de 0.315 m y diámetro interior medio mínimo de 0.27 m, debido a su adecuado desempeño hidráulico y nivel de seguridad. Este material asegura velocidades de flujo y relaciones Y/D dentro de los límites permitidos, incluso en escenarios con fallas en la compuerta.
- Con una abertura de compuerta de 13.5 cm, el sistema funciona por gravedad, sin generar presiones internas ni riesgo de inundación en los pozos de revisión. Asimismo, si las condiciones lo requieren, la abertura puede ampliarse hasta 22 cm para optimizar el desempeño hidráulico.
- En condiciones de lluvia, el diseño propuesto con tubería de 270 mm y compuerta regulada garantiza un funcionamiento adecuado del interceptor, manteniendo la relación Y/D dentro de los límites permitidos y sin comprometer la seguridad hidráulica del sistema.
- El análisis comparativo realizado con el software SWMM evidenció que las tuberías de hormigón presentan un desempeño hidráulico menos favorable en comparación con las de PVC, debido a su mayor rugosidad, lo que incrementa el calado y genera inundaciones en varios tramos del sistema. Por ello, no se recomienda su uso en este proyecto.

A continuación, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda que la compuerta ubicada al inicio del interceptor no opere con una abertura superior a 22 cm, ya que una mayor apertura podría afectar negativamente el comportamiento hidráulico del sistema. Además, se corre el riesgo de exceder la relación Y/D máxima de 0.75 establecida por la normativa, lo que comprometería tanto la eficiencia como la seguridad del sistema.
- Para proyectos similares en el futuro, se sugiere incorporar simulaciones hidrológicas que permitan determinar con mayor precisión los hidrogramas de crecida. Este enfoque posibilita el análisis de diversas variables y escenarios de diseño, lo que contribuye a obtener soluciones más realistas y robustas.
- Se recomienda aprovechar al máximo las herramientas computacionales disponibles, como SWMM, que permiten realizar análisis detallados y evaluar múltiples escenarios con mayor precisión. Complementar estos modelos con prediseños en hojas de cálculo puede ser útil en etapas preliminares; sin embargo, para lograr soluciones más

eficientes y ajustadas a la realidad, es fundamental integrar plenamente los recursos tecnológicos actuales en el desarrollo de proyectos de saneamiento.

## 12. Referencias

- Alvarado, A. (04 de 2022). *Ingeniería de Aguas Residuales*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Ana, G. S. (2015). *PDOT. Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, GADPR Santa Ana, Cuenca*.
- Arocha , S. (2012). *Cloacas y Drenajes*.
- Bravo Jácome, D., & Solis García, E. (2018). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Los Laureles, comunidad de Nero, de la parroquia Baños, cantón Cuenca*. Universidad de Cuenca.
- Cadavid R., J. H. (2006). *Hidraulica de canales. Fundamentos*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Casero Rodriguez, D. (2015). *Saneamiento y Alcantarillado / Gestion de aguas residuales*.
- Comisión Nacional del Agua. (2019). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*.
- Comitê Brasileiro de Construção Civil. (1 de 11 de 1993). Projeto, construção e operação de. *NBR 7229*. Rio de Janeiro.
- CPE INEN 005-9-1. (1992). *Código Ecuatoriano de la construcción C.E.C. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1 000 habitantes*.
- Energy Glossary. (2025). *Tapón de cementación* . Obtenido de [https://glossary.slb.com/es/terms/c/cementing\\_plug#:~:text=1.%20S.%20%5BTerminaci%C3%B3n%20de%20pozos%5D&text=En%20una%20operaci%C3%B3n%20de%20cementaci%C3%B3n,revestimiento%20previo%20a%20la%20cementaci%C3%B3n](https://glossary.slb.com/es/terms/c/cementing_plug#:~:text=1.%20S.%20%5BTerminaci%C3%B3n%20de%20pozos%5D&text=En%20una%20operaci%C3%B3n%20de%20cementaci%C3%B3n,revestimiento%20previo%20a%20la%20cementaci%C3%B3n).
- EPA. (2022). *Storm Water Management Model user's Manual Version 5.2*.
- EPMAPS. (2023). *Norma Técnica de Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario y Separación de Caudales Para el Distrito Metropolitano de Quito*.
- ETAPA EP. (Julio de 2023). *Diseños Definitivos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Guangarcucho, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay, Ecuador*.

Recuperado el 21 de Noviembre de 2023, de [https://www.etapa.net.ec/Portals/0/3\\_MEMORIA%20TECNICA.pdf](https://www.etapa.net.ec/Portals/0/3_MEMORIA%20TECNICA.pdf)

ETAPA EP. (s.f.). *Estudios y Diseños Finales de los Planes Maestros de Agua Potable y Saneamiento para la Ciudad de Cuenca (Ecuador). II ETAPA. CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO*. Cuenca: TYPESA.

ETAPA EP. (s.f.). *ETAPA EP*. Obtenido de <https://www.etapa.net.ec/agua-potable-y-saneamiento/agua-potable/>

GADPR Santa Ana. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019 - 2023*. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Cuenca.

INEC. (2010). *Población y Tasas de Crecimiento Intercensal de 2010 - 2001 - 1990 por Sexo, Según Parroquias*.

INEC. (1 de Noviembre de 2017). *INEC*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2023, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/conozcamos-cuenca-a-traves-de-sus-cifras/#:~:text=Santa%20Ana%20de%20los%20cuatro,de%2015%25%20en%20siete%20años>.

INEC. (2022). *Censo Ecuador 2022*.

INEN CO 10.7 - 602. (1997). *NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*.

INHAMI. (2013). *Anuario Meteorológico*.

López Cualla. (2006). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

López, G. (2014). *METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN Y PROYECCIONES DE LA POBLACIÓN OBJETIVO DEL MIES 2010-2017*.

Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales Vol 1*. Madrid: McGraw-Hill.

Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales Vol2*. Madrid: McGraw-Hill, Inc.

NET SEALS. (10 de 06 de 2024). *Tapones de expansión: cómo, cuándo y por qué utilizarlos*. Obtenido de

[https://www.netseals.it/ES/ES\\_Noticias/122#:~:text=Cuando%20se%20inserta%20en%20un%20agujero%2C%20la,interior%20del%20cilindro%20de%20la%20contaminaci%C3%B3n%20externa.](https://www.netseals.it/ES/ES_Noticias/122#:~:text=Cuando%20se%20inserta%20en%20un%20agujero%2C%20la,interior%20del%20cilindro%20de%20la%20contaminaci%C3%B3n%20externa.)

NRCS. (2007). *Manual Nacional de Ingeniería*.

Pérez Carmona, R. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Bogotá, Colombia: EcoEdiciones.

SENAGUA. (2015). *Agua Potable y Saneamiento Rural*.

Simon, A. (1983). *Cloacas y Drenajes*. Madrid: Ediciones Vega.

Sotelo, G. (1999). *Hidráulica General Volumen 1 Fundamentos*.

Sotelo, G. (2002). *Hidráulica de Canales*.

UNICEF. (2017). *Unicef.org*. Obtenido de Unicef para cada infancia:  
<https://www.unicef.org/ecuador/acceso-agua-saneamiento-e-higiene>

Ven Te Chow. (1994). *Hidrología Aplicada*.

Ven Te Chow. (2004). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Bogotá: McGraw-Hill.

## 13. Anexos

### 13.1. Estado actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales

#### 13.1.1. PTAR del Cementerio

##### Imagen 1

*PTAR - El cementerio.*



##### Imagen 2

*Estado de bajo caudal - PTAR El Cementerio.*



##### Imagen 3

*Estación de remoción de lodos - PTAR El Cementerio.*



##### Imagen 4

*Filtro Anaerobio - PTAR El Cementerio.*



## 13.1.2. PTAR los Laureles

### Imagen 5

*PTAR - Los Laureles.*



### Imagen 6

*Estado de bajo caudal - PTAR Los Laureles.*



### Imagen 7

*Estación de remoción de lodos - PTAR Los Laureles.*



## 13.2. Relaciones hidraulicas

**Tabla 13.1**

*Tabla para el cálculo de canales circulares (Manning).*

<b>k4</b>	<b>Y/D</b>	<b>k1</b>	<b>k2</b>	<b>k3</b>
0.0001	0.01	0.0013	0.2003	0.199
0.0002	0.02	0.0038	0.2838	0.28
0.0005	0.03	0.0069	0.3482	0.3412
0.0009	0.04	0.0105	0.4027	0.3919
0.0015	0.05	0.0147	0.451	0.4359
0.0022	0.06	0.0192	0.4949	0.475
0.0031	0.07	0.0242	0.5355	0.5103
0.0041	0.08	0.0294	0.5735	0.5426
0.0052	0.09	0.035	0.6094	0.5724
0.0065	0.1	0.0409	0.6435	0.6
0.008	0.11	0.047	0.6761	0.6258
0.0095	0.12	0.0534	0.7075	0.6499
0.0113	0.13	0.06	0.7377	0.6726
0.0131	0.14	0.0668	0.767	0.694
0.0152	0.15	0.0739	0.7954	0.7141
0.0173	0.16	0.0811	0.823	0.7332
0.0196	0.17	0.0885	0.85	0.7513
0.022	0.18	0.0961	0.8763	0.7684
0.0246	0.19	0.1039	0.9021	0.7846
0.0273	0.2	0.1118	0.9273	0.8
0.0301	0.21	0.1199	0.9521	0.8146
0.0331	0.22	0.1281	0.9764	0.8285
0.0362	0.23	0.1365	1.0004	0.8417
0.0394	0.24	0.145	1.024	0.8542
0.0427	0.25	0.1554	1.0472	0.866
0.0461	0.26	0.1623	1.0701	0.8773
0.0497	0.27	0.1711	1.0928	0.8879
0.0534	0.28	0.18	1.1152	0.898

0.0572	0.29	0.1891	1.1374	0.9075
0.061	0.3	0.1982	1.1593	0.9165
0.065	0.31	0.2074	1.181	0.925
0.0691	0.32	0.2167	1.2025	0.933
0.0733	0.33	0.226	1.2239	0.9404
0.0776	0.34	0.2355	1.2451	0.9474
0.082	0.35	0.245	1.2661	0.9539
0.0864	0.36	0.2546	1.287	0.96
0.091	0.37	0.2642	1.3078	0.9656
0.0956	0.38	0.2739	1.3284	0.9708
0.1003	0.39	0.2836	1.349	0.9755
0.105	0.4	0.2934	1.3694	0.9798
0.1099	0.41	0.3032	1.3898	0.9837
0.1148	0.42	0.313	1.4101	0.9871
0.1197	0.43	0.3229	1.4303	0.9902
0.1248	0.44	0.3328	1.4505	0.9928
0.1298	0.45	0.3428	1.4706	0.995
0.135	0.46	0.3527	1.4907	0.9968
0.1401	0.47	0.3627	1.5108	0.9982
0.1453	0.48	0.3727	1.5308	0.9992
0.1506	0.49	0.3827	1.5508	0.9998
0.1558	0.5	0.3927	1.5708	1
0.1612	0.51	0.4027	1.5908	0.9998
0.1665	0.52	0.4127	1.6108	0.9992
0.1718	0.53	0.4227	1.6308	0.9982
0.1772	0.54	0.4327	1.6509	0.9968
0.1826	0.55	0.4426	1.671	0.9948
0.1879	0.56	0.4526	1.6911	0.9928
0.1933	0.57	0.4625	1.7113	0.9902
0.1987	0.58	0.4724	1.7315	0.9871
0.2041	0.59	0.4822	1.7518	0.9837
0.2094	0.6	0.492	1.7722	0.9798
0.2147	0.61	0.5018	1.7926	0.9755
0.22	0.62	0.5115	1.8132	0.9708
0.2253	0.63	0.5212	1.8338	0.9656
0.2306	0.64	0.5309	1.8546	0.96
0.2358	0.65	0.5404	1.8755	0.9539
0.2409	0.66	0.5499	1.8965	0.9474
0.246	0.67	0.5594	1.9177	0.9404
0.2511	0.68	0.5687	1.9391	0.933
0.256	0.69	0.578	1.9606	0.925
0.261	0.7	0.5872	1.9823	0.9165
0.2658	0.71	0.5964	2.0042	0.9075
0.2705	0.72	0.6054	2.0264	0.898

0.2752	0.73	0.6143	2.0488	0.8879
0.2798	0.74	0.6231	2.0715	0.8773
0.2842	0.75	0.6319	2.0944	0.865
0.2886	0.76	0.6405	2.1177	0.8542
0.2928	0.77	0.6489	2.1412	0.8417
0.2969	0.78	0.6573	2.1652	0.8285
0.3009	0.79	0.6655	2.1895	0.8146
0.3047	0.8	0.6736	2.2143	0.8
0.3083	0.81	0.6815	2.2395	0.7846
0.3118	0.82	0.6893	2.2653	0.7684
0.3151	0.83	0.6969	2.2916	0.7513
0.3183	0.84	0.7043	2.3186	0.7332
0.3212	0.85	0.7115	2.3462	0.7141
0.3239	0.86	0.7186	2.3746	0.694
0.3264	0.87	0.7254	2.4039	0.6726
0.3286	0.88	0.732	2.4341	0.6499
0.3305	0.89	0.7384	2.4655	0.6258
0.3322	0.9	0.7445	2.4981	0.6
0.3335	0.91	0.7504	2.5322	0.5724
0.3345	0.92	0.756	2.5681	0.5426
0.3351	0.93	0.7612	2.6061	0.5103
0.3353	0.94	0.7662	2.6467	0.475
0.3349	0.95	0.7707	2.6906	0.4359
0.3339	0.96	0.7749	2.7389	0.3919
0.3322	0.97	0.7785	2.7934	0.3412
0.3294	0.98	0.7817	2.8578	0.28
0.3248	0.99	0.7849	2.9413	0.199
0.3118	1	0.7854	2.1397	0.0019

Nota: Esta información fue extraída de: (Sotelo, Hidráulica de Canales., 2002).

### 13.3. Hidrograma de crecida

**Tabla 13.2**

*Valores estándares para graficar el caudal unitario adimensional SCS.*

t/tp	Q/Qp
0	0
0.2	0.1
0.4	0.31
0.6	0.66
0.8	0.93
1	1
1.2	0.93
1.4	0.78

1.6	0.56
1.8	0.39
2	0.28
2.2	0.207
2.4	0.147
2.6	0.107
2.8	0.077
3	0.055
3.2	0.04
3.4	0.029
3.6	0.021
3.8	0.015
4	0.011
4.2	0.01
4.4	0.007
4.6	0.003
4.8	0.0015
5	0

Nota: Esta información es extraída de: (NRCS, 2007).

**Tabla 13.3**

*Coefficientes A, B, y C para un tiempo de concentración de 5 - 60 minutos.*

<b>Coefficientes A, B, C para un tc: 5 - 60 minutos</b>			
TR	A	B	C
1	319.37	0.6646	3.2
2	342.83	0.6405	3.1
3	366.29	0.6161	3
5	399.11	0.5992	3
10	436.25	0.5802	2.9
15	456.92	0.5745	2.9
20	477.58	0.5687	2.9
50	531.84	0.5574	2.9
100	566.15	0.548	2.8

Nota: Esta información es extraída de: (INHAMI, 2013).

**Tabla 13.4**

*Número de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana.*

Descripción del uso de la tierra	Grupo hidrológico del suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada <sup>1</sup> : sin tratamientos de conservación con tratamientos de conservación	72 62	81 71	88 78	91 81
Pastizales: condiciones pobres condiciones óptimas	68 39	79 61	86 74	89 80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas, cubierta buena <sup>2</sup>	45 25	66 55	77 70	83 77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc. óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	39 49	61 69	74 79	80 84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial <sup>3</sup> :				
Tamaño promedio del lote    Porcentaje promedio impermeable <sup>4</sup>				
1/8 acre o menos                    65	77	85	90	92
1/4 acre                                    38	61	75	83	87
1/3 acre                                    30	57	72	81	86
1/2 acre                                    25	54	70	80	85
1 acre                                        20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. <sup>5</sup>	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados <sup>5</sup>	98	98	98	98
grava	76	85	89	91
tierra	72	82	87	89

1 Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, Cap. 9  
2 Una buena cubierta está protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.  
3 Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los accesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.  
4 Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva.  
5 En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

Nota esta información es extraída de: (Ven Te Chow, Hidrología Aplicada, 1994).

### 13.4. Resultados del diseño del interceptor

#### 13.4.1. Tubería de diámetro de 0.27m

**Tabla 13.5**

*Caudal de diseño de cada tramo.*

Tramo	Área tributaria		Caudal doméstico			Caudal de infiltración			Caudal ilícitas	Caudal diseño
	Parcial (ha)	Total (ha)	Pob. (hab)	Factor n	Qdom (l/s)	Longitud de la red parcial (m)	Longitud de la red total (km)	Qinf (l/s)	Qilic (l/s)	l/s
1	0.45	58.33	1109	3.8	3.75	25.25	8.47	4.24	5.83	13.81
2	0.00	58.33	1109	3.8	3.75	15.60	8.49	4.24	5.83	13.82
3	0.00	58.33	1109	3.8	3.75	16.72	8.50	4.25	5.83	13.83
4	0.00	58.33	1109	3.8	3.75	14.15	8.52	4.26	5.83	13.84
5	0.94	59.27	1127	3.8	3.81	32.00	8.55	4.27	5.93	14.01
6	0.00	59.27	1127	3.8	3.81	83.40	8.63	4.32	5.93	14.05
7	0.94	60.21	1144	3.8	3.86	20.33	8.65	4.33	6.02	14.21
8	0.00	60.21	1144	3.8	3.86	14.62	8.67	4.33	6.02	14.22

9	0.00	60.21	1144	3.8	3.86	10.14	8.68	4.34	6.02	14.22
10	0.00	60.21	1144	3.8	3.86	9.40	8.69	4.34	6.02	14.23
11	0.00	60.21	1144	3.8	3.86	16.28	8.70	4.35	6.02	14.24
12	0.64	60.85	1157	3.8	3.91	35.83	8.74	4.37	6.08	14.36
13	0.00	60.85	1157	3.8	3.91	17.32	8.76	4.38	6.08	14.37
14	0.00	60.85	1157	3.8	3.91	28.95	8.79	4.39	6.08	14.39
15	0.00	60.85	1157	3.8	3.91	37.37	8.82	4.41	6.08	14.40
16	0.00	60.85	1157	3.8	3.91	32.52	8.82	4.41	6.08	14.40
17	0.19	61.04	1160	3.8	3.92	50.56	8.87	4.43	6.10	14.46
18	0.00	61.04	1160	3.8	3.92	18.95	8.89	4.44	6.10	14.47
19	0.00	61.04	1160	3.8	3.92	15.90	8.90	4.45	6.10	14.47
20	0.13	61.17	1163	3.8	3.93	28.30	8.93	4.47	6.12	14.51
21	0.00	61.17	1163	3.8	3.93	6.71	8.94	4.47	6.12	14.51
22	0.00	61.17	1163	3.8	3.93	39.36	8.98	4.49	6.12	14.53
23	0.12	61.29	1165	3.8	3.94	28.47	9.01	4.50	6.13	14.57
24	0.00	61.29	1165	3.8	3.94	14.92	9.02	4.51	6.13	14.57
25	0.00	61.29	1165	3.8	3.94	7.38	9.03	4.51	6.13	14.58
26	0.00	61.29	1165	3.8	3.94	16.35	9.04	4.52	6.13	14.59
27	0.00	61.29	1165	3.8	3.94	6.99	9.05	4.53	6.13	14.59
28	0.00	61.29	1165	3.8	3.94	6.63	9.06	4.53	6.13	14.59
29	0.00	61.29	1165	3.8	3.94	16.13	9.07	4.54	6.13	14.60
30	0.32	61.61	1171	3.8	3.96	10.08	9.08	4.54	6.16	14.66
31	0.04	61.65	1172	3.8	3.96	20.28	9.10	4.55	6.16	14.68
32	0.02	61.67	1172	3.8	3.96	12.18	9.12	4.56	6.17	14.68
33	4.66	66.33	1261	3.7	4.15	15.92	9.13	4.57	6.63	15.35
34	2.17	68.50	1302	3.7	4.28	52.56	9.19	4.59	6.85	15.73
35	0.00	68.50	1302	3.7	4.28	28.97	9.21	4.61	6.85	15.74
36	0.00	68.50	1302	3.7	4.28	21.18	9.21	4.60	6.85	15.74
37	0.00	68.50	1302	3.7	4.28	22.46	9.23	4.61	6.85	15.75
38	0.00	68.50	1302	3.7	4.28	10.21	9.24	4.62	6.85	15.75
39	0.00	68.50	1302	3.7	4.28	17.21	9.26	4.63	6.85	15.76
40	0.00	68.50	1302	3.7	4.28	28.77	9.29	4.64	6.85	15.77
41	0.65	69.15	1314	3.7	4.32	37.69	9.29	4.65	6.91	15.88
42	0.00	69.15	1314	3.7	4.32	27.77	9.32	4.66	6.91	15.90
43	0.00	69.15	1314	3.7	4.32	4.94	9.33	4.66	6.91	15.90
44	0.00	69.15	1314	3.7	4.32	27.77	9.35	4.68	6.91	15.91
45	0.00	69.15	1314	3.7	4.32	20.53	9.38	4.69	6.91	15.92
46	0.00	69.15	1314	3.7	4.32	5.74	9.38	4.69	6.91	15.93
47	0.00	69.15	1314	3.7	4.32	9.77	9.39	4.70	6.91	15.93
48	0.00	69.15	1314	3.7	4.32	15.76	9.41	4.70	6.91	15.94
49	0.00	69.15	1314	3.7	4.32	6.04	9.41	4.71	6.91	15.94
50	0.00	69.15	1723	3.6	5.51	6.44	11.25	5.63	6.91	18.06
51	0.00	69.15	1723	3.6	5.51	4.48	11.26	5.63	6.91	18.06
52	0.00	69.15	1723	3.6	5.51	6.23	11.27	5.63	6.91	18.06
53	1.22	70.37	1746	3.6	5.59	43.53	11.31	5.65	7.04	18.28
54	0.00	70.37	1746	3.6	5.59	23.89	11.33	5.67	7.04	18.29
55	0.00	70.37	1746	3.6	5.59	5.19	11.34	5.67	7.04	18.29

56	0.00	70.37	1746	3.6	5.59	45.81	11.38	5.69	7.04	18.32
57	0.00	70.37	1746	3.6	5.59	27.45	11.41	5.71	7.04	18.33
58	0.00	70.37	1746	3.6	5.59	38.92	11.45	5.73	7.04	18.35
59	0.00	70.37	1746	3.6	5.59	25.48	11.48	5.74	7.04	18.36
60	0.00	70.37	1746	3.6	5.59	24.75	11.50	5.75	7.04	18.37
61	1.86	72.23	2158	3.6	6.91	50.27	11.87	5.93	7.22	20.06
62	0.00	72.23	2158	3.6	6.91	31.25	11.90	5.95	7.22	20.08
63	0.00	72.23	2158	3.6	6.91	31.01	11.93	5.96	7.22	20.09
64	0.00	72.23	2158	3.6	6.91	56.11	11.99	5.99	7.22	20.12
65	0.00	72.23	2158	3.6	6.91	28.16	12.01	6.01	7.22	20.14

**Tabla 13.6**

*Diseño hidráulico de cada tramo para interceptor de diámetro de 0.27m.*

Tramo	S diseño	Diámetro comercial	k4	Y/D	Y	k1	Área	Vel.	Caudal 75%	Vel. 75%	Esfuerzo cortante
	(m/m)	(m)			(m)		m2	m/s	m3/s	m/s	(N/m2)
1	0.063	0.270	0.0199	0.18	0.05	0.0961	0.007	1.97	0.20	4.28	18.21
2	0.069	0.270	0.0190	0.17	0.05	0.0885	0.006	2.14	0.21	4.48	19.01
3	0.035	0.270	0.0267	0.2	0.05	0.1118	0.008	1.70	0.15	3.20	11.21
4	0.021	0.270	0.0344	0.23	0.06	0.1365	0.010	1.39	0.11	2.48	7.64
5	0.044	0.270	0.0241	0.19	0.05	0.1039	0.008	1.85	0.17	3.60	13.53
6	0.077	0.270	0.0183	0.17	0.05	0.0885	0.006	2.18	0.22	4.73	21.17
7	0.079	0.270	0.0183	0.17	0.05	0.0885	0.006	2.21	0.22	4.80	21.82
8	0.077	0.270	0.0185	0.17	0.05	0.0885	0.006	2.21	0.22	4.75	21.29
9	0.086	0.270	0.0175	0.17	0.05	0.0885	0.006	2.21	0.23	5.01	23.75
10	0.061	0.270	0.0209	0.18	0.05	0.0961	0.007	2.04	0.19	4.20	17.60
11	0.073	0.270	0.0190	0.17	0.05	0.0885	0.006	2.21	0.21	4.63	20.25
12	0.036	0.270	0.0274	0.21	0.06	0.1199	0.009	1.65	0.15	3.24	12.01
13	0.036	0.270	0.0274	0.21	0.06	0.1199	0.009	1.65	0.15	3.25	12.07
14	0.035	0.270	0.0277	0.21	0.06	0.1199	0.009	1.65	0.15	3.21	11.79
15	0.183	0.270	0.0122	0.14	0.04	0.0668	0.005	2.97	0.34	7.30	42.19
16	0.062	0.270	0.0210	0.18	0.05	0.0961	0.007	2.06	0.20	4.24	17.91
17	0.120	0.270	0.0151	0.15	0.04	0.0739	0.005	2.69	0.27	5.92	29.57
18	0.117	0.270	0.0153	0.16	0.04	0.0811	0.006	2.45	0.27	5.84	30.52
19	0.142	0.270	0.0139	0.15	0.04	0.0739	0.005	2.69	0.30	6.43	34.86
20	0.209	0.270	0.0115	0.14	0.04	0.0668	0.005	2.99	0.36	7.80	48.14
21	0.220	0.270	0.0112	0.13	0.04	0.06	0.004	3.33	0.37	8.01	47.35
22	0.214	0.270	0.0114	0.14	0.04	0.0668	0.005	2.99	0.36	7.90	49.32
23	0.157	0.270	0.0133	0.15	0.04	0.0739	0.005	2.71	0.31	6.76	38.55
24	0.200	0.270	0.0118	0.14	0.04	0.0668	0.005	3.00	0.35	7.64	46.19
25	0.168	0.270	0.0129	0.14	0.04	0.0668	0.005	3.00	0.32	7.00	38.77
26	0.201	0.270	0.0118	0.14	0.04	0.0668	0.005	3.00	0.35	7.66	46.41

27	0.189	0.270	0.0122	0.14	0.04	0.0668	0.005	3.00	0.34	7.42	43.57
28	0.192	0.270	0.0121	0.14	0.04	0.0668	0.005	3.01	0.34	7.48	44.21
29	0.236	0.270	0.0109	0.13	0.04	0.06	0.004	3.35	0.38	8.29	50.81
30	0.233	0.270	0.0110	0.13	0.04	0.06	0.004	3.35	0.38	8.24	50.12
31	0.200	0.270	0.0118	0.14	0.04	0.0668	0.005	3.01	0.35	7.64	46.17
32	0.084	0.270	0.0183	0.17	0.05	0.0885	0.006	2.28	0.23	4.95	23.13
33	0.216	0.270	0.0119	0.14	0.04	0.0668	0.005	3.15	0.37	7.94	49.82
34	0.054	0.270	0.0240	0.19	0.05	0.1039	0.008	2.03	0.18	3.96	16.41
35	0.113	0.270	0.0166	0.16	0.04	0.0811	0.006	2.60	0.26	5.74	29.46
36	0.217	0.270	0.0122	0.14	0.04	0.0668	0.005	3.24	0.37	7.95	50.00
37	0.443	0.270	0.0086	0.12	0.03	0.0534	0.004	4.05	0.52	11.37	88.54
38	0.099	0.270	0.0181	0.17	0.05	0.0885	0.006	2.45	0.25	5.39	27.43
39	0.233	0.270	0.0118	0.14	0.04	0.0668	0.005	3.24	0.38	8.25	53.81
40	0.167	0.270	0.0140	0.15	0.04	0.0739	0.005	2.93	0.32	6.97	41.03
41	0.230	0.270	0.0119	0.14	0.04	0.0668	0.005	3.25	0.38	8.19	52.98
42	0.202	0.270	0.0128	0.14	0.04	0.0668	0.005	3.27	0.35	7.67	46.52
43	0.144	0.270	0.0152	0.15	0.04	0.0739	0.005	2.96	0.30	6.48	35.40
44	0.097	0.270	0.0184	0.17	0.05	0.0885	0.006	2.47	0.25	5.33	26.89
45	0.042	0.270	0.0283	0.21	0.06	0.1199	0.009	1.82	0.16	3.48	13.86
46	0.037	0.270	0.0298	0.21	0.06	0.1199	0.009	1.82	0.15	3.30	12.45
47	0.032	0.270	0.0322	0.22	0.06	0.1281	0.009	1.71	0.14	3.06	11.15
48	0.042	0.270	0.0283	0.21	0.06	0.1199	0.009	1.83	0.16	3.48	13.88
49	0.008	0.270	0.0634	0.31	0.08	0.2074	0.015	1.06	0.07	1.55	3.85
50	0.008	0.270	0.0741	0.34	0.09	0.2355	0.017	1.05	0.07	1.50	3.89
51	0.008	0.270	0.0739	0.34	0.09	0.2355	0.017	1.05	0.07	1.51	3.91
52	0.009	0.270	0.0703	0.33	0.09	0.226	0.016	1.11	0.07	1.60	4.32
53	0.008	0.270	0.0760	0.34	0.09	0.2355	0.017	1.07	0.07	1.49	3.80
54	0.008	0.270	0.0723	0.33	0.09	0.226	0.016	1.11	0.07	1.56	4.09
55	0.008	0.270	0.0754	0.34	0.09	0.2355	0.017	1.07	0.07	1.50	3.86
56	0.008	0.270	0.0758	0.34	0.09	0.2355	0.017	1.07	0.07	1.49	3.83
57	0.008	0.270	0.0753	0.34	0.09	0.2355	0.017	1.09	0.07	1.53	4.02
58	0.008	0.270	0.0754	0.34	0.09	0.2355	0.017	1.09	0.07	1.53	4.01
59	0.008	0.270	0.0755	0.34	0.09	0.2355	0.017	1.09	0.07	1.53	4.01
60	0.008	0.270	0.0755	0.34	0.09	0.2355	0.017	1.09	0.07	1.53	4.01
61	0.008	0.270	0.0812	0.35	0.09	0.245	0.018	1.13	0.07	1.53	4.10
62	0.008	0.270	0.0813	0.35	0.09	0.245	0.018	1.13	0.07	1.53	4.10
63	0.008	0.270	0.0823	0.36	0.10	0.2546	0.019	1.10	0.07	1.53	4.19
64	0.008	0.270	0.0824	0.36	0.10	0.2546	0.019	1.10	0.07	1.53	4.19
65	0.008	0.270	0.0824	0.36	0.10	0.2546	0.019	1.10	0.07	1.53	4.19

**Tabla 13.7**

*Pérdida de energía y cotas correspondientes al interceptor de diámetro de 0.27m.*

Tramo	Pérdida de energía por transición	Pérdida de energía por cambio de dirección	Total pérdidas (m)	Salto de pozo (m)	Cota de rasante	Cota de invert
-------	-----------------------------------	--	--------------------	-------------------	-----------------	----------------

	k	$\Delta_{et}$ (m)	rc/Ds	$\Delta_{ed}$ (m)			Inicial (m)	Final (m)	Inicial (m)	Final (m)
1	0.1	0.00	2.2	0.04	0.05	0.10	2692.10	2690.95	2689.68	2688.10
2	0.2	0.02	2.2	0.04	0.06	0.10	2690.95	2689.86	2688.00	2686.92
3	0.2	0.01	2.2	0.02	0.03	0.10	2689.86	2689.18	2686.82	2686.24
4	0.1	0.01	2.2	0.03	0.04	0.10	2689.18	2688.71	2686.14	2685.84
5	0.1	0.01	2.2	0.04	0.05	0.10	2688.71	2687.30	2685.74	2684.32
6	0.1	0.00	2.2	0.05	0.05	0.10	2687.30	2681.08	2684.22	2677.81
7	0.1	0.00	2.2	0.05	0.05	0.10	2681.08	2679.02	2677.71	2676.10
8	0.1	0.00	2.2	0.05	0.05	0.10	2679.02	2677.78	2676.00	2674.88
9	0.2	0.01	2.2	0.05	0.05	0.10	2677.78	2676.86	2674.78	2673.90
10	0.1	0.00	2.2	0.05	0.05	0.10	2676.86	2676.12	2673.80	2673.23
11	0.2	0.02	2.2	0.04	0.06	0.10	2676.12	2674.88	2673.13	2671.94
12	0.1	0.00	2.2	0.03	0.03	0.10	2674.88	2672.78	2671.84	2670.55
13	0.1	0.00	2.2	0.03	0.03	0.10	2672.78	2672.31	2670.45	2669.82
14	0.1	0.01	2.2	0.05	0.06	0.10	2672.31	2670.89	2669.72	2668.70
15	0.2	0.02	2.2	0.07	0.08	0.10	2670.89	2664.20	2668.60	2661.76
16	0.1	0.02	2.2	0.06	0.07	0.10	2664.20	2662.15	2661.66	2659.66
17	0.2	0.01	2.2	0.07	0.08	0.10	2662.15	2655.92	2659.56	2653.48
18	0.1	0.01	2.2	0.07	0.07	0.10	2655.92	2653.81	2653.38	2651.17
19	0.1	0.01	2.2	0.08	0.09	0.10	2653.81	2651.17	2651.07	2648.81
20	0.1	0.01	2.2	0.10	0.11	0.15	2651.17	2645.24	2648.66	2642.76
21	0.2	0.02	2.2	0.10	0.12	0.15	2645.24	2643.73	2642.61	2641.13
22	0.2	0.02	2.2	0.08	0.10	0.10	2643.73	2635.06	2641.03	2632.62
23	0.1	0.01	2.2	0.08	0.09	0.10	2635.06	2630.51	2632.52	2628.06
24	0.1	0.00	2.2	0.09	0.09	0.10	2630.51	2627.39	2627.96	2624.97
25	0.1	0.00	2.2	0.09	0.09	0.10	2627.39	2626.05	2624.87	2623.63
26	0.1	0.00	2.2	0.09	0.09	0.10	2626.05	2622.65	2623.53	2620.24
27	0.1	0.00	2.2	0.09	0.09	0.10	2622.65	2621.23	2620.14	2618.82
28	0.1	0.01	2.2	0.10	0.11	0.15	2621.23	2619.83	2618.67	2617.40
29	0.1	0.00	2.2	0.11	0.11	0.15	2619.83	2615.97	2617.25	2613.45
30	0.2	0.02	2.2	0.10	0.13	0.15	2615.97	2613.35	2613.30	2610.95
31	0.2	0.04	2.2	0.07	0.11	0.15	2613.35	2609.03	2610.80	2606.74
32	0.1	0.02	2.2	0.08	0.10	0.15	2609.03	2607.34	2606.59	2605.57
33	0.2	0.06	2.2	0.07	0.13	0.15	2607.34	2603.45	2605.42	2601.98
34	0.1	0.03	2.2	0.07	0.11	0.15	2603.45	2600.48	2601.83	2599.01
35	0.1	0.05	2.2	0.11	0.16	0.15	2600.48	2597.06	2598.86	2595.59
36	0.1	0.03	2.2	0.14	0.17	0.15	2597.06	2592.32	2595.44	2590.85
37	0.2	0.11	2.2	0.11	0.22	0.15	2592.32	2582.22	2590.70	2580.75
38	0.1	0.02	2.2	0.08	0.11	0.15	2582.22	2581.05	2580.60	2579.58
39	0.1	0.00	2.2	0.10	0.10	0.15	2581.05	2576.89	2579.43	2575.42
40	0.1	0.01	2.2	0.10	0.11	0.15	2576.89	2572.99	2575.27	2570.47
41	0.1	0.00	2.2	0.11	0.11	0.15	2572.99	2564.29	2570.32	2561.67
42	0.2	0.02	2.2	0.10	0.12	0.15	2564.29	2558.30	2561.52	2555.92
43	0.2	0.03	2.2	0.08	0.10	0.15	2558.30	2557.48	2555.77	2555.06
44	0.2	0.03	2.2	0.05	0.08	0.10	2557.48	2554.60	2554.96	2552.25

45	0.1	0.00	2.2	0.03	0.03	0.10	2554.60	2553.66	2552.15	2551.30
46	0.2	0.00	2.2	0.03	0.04	0.10	2553.66	2553.39	2551.20	2550.98
47	0.1	0.00	2.2	0.03	0.03	0.10	2553.39	2552.98	2550.88	2550.57
48	0.2	0.02	2.2	0.02	0.05	0.10	2552.98	2552.49	2550.47	2549.81
49	0.2	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2552.49	2552.28	2549.71	2549.66
50	0.1	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2552.28	2552.63	2549.56	2549.51
51	0.1	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2552.63	2552.85	2549.41	2549.38
52	0.2	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2552.85	2552.88	2549.28	2549.22
53	0.1	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2552.88	2552.12	2549.12	2548.79
54	0.2	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2552.12	2551.74	2548.69	2548.49
55	0.1	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2551.74	2551.62	2548.39	2548.35
56	0.1	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2551.62	2553.36	2548.25	2547.90
57	0.1	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2553.36	2550.99	2547.90	2547.68
58	0.1	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2550.99	2550.35	2547.58	2547.27
59	0.1	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2550.35	2550.13	2547.17	2546.97
60	0.1	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2550.13	2549.90	2546.87	2546.67
61	0.1	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2549.90	2549.85	2546.57	2546.17
62	0.2	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2549.85	2549.88	2546.07	2545.82
63	0.1	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2549.88	2550.25	2545.72	2545.47
64	0.1	0.00	2.2	0.01	0.01	0.10	2550.25	2548.98	2545.37	2544.92
65	0.2	0.01	2.2	0.01	0.02	0.10	2548.98	2548.98	2544.82	2544.59

**Tabla 13.8**

*Verificación de parámetros hidráulicos del interceptor de diámetro de 0.2m.*

Pendiente	Diámetro teórico	Diámetro comercial	k4	Y/D	k1	Área	Velocidad
S diseño (m/m)	(m)	(m)				m2	m/s
0.063	0.105	0.200	0.0566	0.29	0.1891	0.008	2.33
0.069	0.104	0.200	0.0540	0.29	0.1891	0.008	2.33
0.035	0.118	0.200	0.0757	0.34	0.2355	0.009	1.87
0.021	0.129	0.200	0.0976	0.39	0.2836	0.011	1.56
0.044	0.113	0.200	0.0680	0.32	0.2167	0.009	2.06
0.077	0.102	0.200	0.0518	0.28	0.18	0.007	2.48
0.079	0.102	0.200	0.0515	0.28	0.18	0.007	2.50
0.077	0.102	0.200	0.0522	0.28	0.18	0.007	2.51
0.086	0.100	0.200	0.0494	0.27	0.1711	0.007	2.64
0.061	0.107	0.200	0.0590	0.3	0.1982	0.008	2.28
0.073	0.103	0.200	0.0536	0.29	0.1891	0.008	2.39
0.036	0.118	0.200	0.0771	0.34	0.2355	0.009	1.93
0.036	0.118	0.200	0.0769	0.34	0.2355	0.009	1.93
0.035	0.119	0.200	0.0779	0.35	0.245	0.010	1.86
0.182	0.088	0.200	0.0344	0.23	0.1365	0.005	3.34
0.062	0.107	0.200	0.0591	0.3	0.1982	0.008	2.30

0.120	0.095	0.200	0.0425	0.25	0.1554	0.006	2.94
0.117	0.095	0.200	0.0431	0.26	0.1623	0.006	2.82
0.139	0.092	0.200	0.0396	0.25	0.1554	0.006	2.95
0.209	0.085	0.200	0.0323	0.22	0.1281	0.005	3.58
0.220	0.085	0.200	0.0315	0.22	0.1281	0.005	3.58
0.213	0.085	0.200	0.0321	0.22	0.1281	0.005	3.59
0.155	0.090	0.200	0.0376	0.24	0.145	0.006	3.18
0.197	0.087	0.200	0.0334	0.23	0.1365	0.005	3.37
0.161	0.090	0.200	0.0369	0.24	0.145	0.006	3.18
0.198	0.086	0.200	0.0333	0.23	0.1365	0.005	3.38
0.182	0.088	0.200	0.0348	0.23	0.1365	0.005	3.38
0.192	0.087	0.200	0.0339	0.23	0.1365	0.005	3.38
0.236	0.084	0.200	0.0306	0.22	0.1281	0.005	3.60
0.233	0.084	0.200	0.0308	0.22	0.1281	0.005	3.60
0.200	0.086	0.200	0.0332	0.23	0.1365	0.005	3.38
0.084	0.102	0.200	0.0513	0.28	0.18	0.007	2.57
0.216	0.086	0.200	0.0333	0.23	0.1365	0.005	3.53
0.054	0.112	0.200	0.0669	0.32	0.2167	0.009	2.22
0.113	0.098	0.200	0.0462	0.27	0.1711	0.007	2.82
0.217	0.087	0.200	0.0340	0.23	0.1365	0.005	3.60
0.443	0.076	0.200	0.0238	0.19	0.1039	0.004	4.74
0.099	0.101	0.200	0.0502	0.28	0.18	0.007	2.74
0.233	0.086	0.200	0.0328	0.22	0.1281	0.005	3.85
0.167	0.092	0.200	0.0388	0.24	0.145	0.006	3.40
0.230	0.086	0.200	0.0331	0.23	0.1365	0.005	3.62
0.202	0.089	0.200	0.0355	0.23	0.1365	0.005	3.63
0.144	0.094	0.200	0.0421	0.25	0.1554	0.006	3.19
0.097	0.102	0.200	0.0511	0.28	0.18	0.007	2.76
0.042	0.119	0.200	0.0784	0.35	0.245	0.010	2.03
0.037	0.122	0.200	0.0827	0.36	0.2546	0.010	1.95
0.032	0.125	0.200	0.0892	0.37	0.2642	0.011	1.88
0.042	0.119	0.200	0.0784	0.35	0.245	0.010	2.03
0.008	0.161	0.200	0.1758	0.54	0.4327	0.017	1.15
0.008	0.169	0.200	0.1991	0.59	0.4822	0.019	1.13
0.008	0.169	0.200	0.1984	0.58	0.4724	0.019	1.15
0.010	0.160	0.200	0.1734	0.54	0.4327	0.017	1.27
0.006	0.180	0.200	0.2339	0.65	0.5404	0.022	1.02
0.008	0.167	0.200	0.1938	0.58	0.4724	0.019	1.17
0.008	0.170	0.200	0.2020	0.59	0.4822	0.019	1.14
0.008	0.170	0.200	0.2031	0.59	0.4822	0.019	1.14
0.008	0.170	0.200	0.2011	0.59	0.4822	0.019	1.16
0.010	0.163	0.200	0.1820	0.55	0.4426	0.018	1.27
0.008	0.170	0.200	0.2015	0.59	0.4822	0.019	1.16
0.008	0.170	0.200	0.2017	0.59	0.4822	0.019	1.16
0.008	0.174	0.200	0.2137	0.61	0.5018	0.020	1.18
0.008	0.174	0.200	0.2138	0.61	0.5018	0.020	1.19
0.008	0.174	0.200	0.2160	0.62	0.5115	0.020	1.17

0.008	0.174	0.200	0.2162	0.62	0.5115	0.020	1.18
0.008	0.174	0.200	0.2163	0.62	0.5115	0.020	1.18

**Tabla 13.9**

*Verificación de parámetros hidráulicos del interceptor de diámetro de 0.3m*

Pendiente	Diámetro teórico	Diámetro comercial				Área	Velocidad
S diseño (m/m)	(m)	(m)	k4	0	k1	m2	m/s
0.063	0.105	0.300	0.0192	0.17	0.0885	0.008	2.21
0.069	0.104	0.300	0.0183	0.17	0.0885	0.008	2.21
0.035	0.118	0.300	0.0257	0.2	0.1118	0.010	1.75
0.021	0.129	0.300	0.0331	0.22	0.1281	0.012	1.53
0.044	0.113	0.300	0.0231	0.19	0.1039	0.009	1.91
0.077	0.102	0.300	0.0176	0.17	0.0885	0.008	2.24
0.079	0.102	0.300	0.0175	0.17	0.0885	0.008	2.26
0.077	0.102	0.300	0.0177	0.17	0.0885	0.008	2.26
0.086	0.100	0.300	0.0168	0.16	0.0811	0.007	2.47
0.061	0.107	0.300	0.0200	0.18	0.0961	0.009	2.09
0.073	0.103	0.300	0.0182	0.17	0.0885	0.008	2.27
0.036	0.118	0.300	0.0262	0.2	0.1118	0.010	1.81
0.036	0.118	0.300	0.0261	0.2	0.1118	0.010	1.81
0.035	0.119	0.300	0.0264	0.2	0.1118	0.010	1.81
0.183	0.087	0.300	0.0116	0.14	0.0668	0.006	3.03
0.062	0.107	0.300	0.0200	0.18	0.0961	0.009	2.11
0.120	0.095	0.300	0.0144	0.15	0.0739	0.007	2.75
0.117	0.095	0.300	0.0146	0.15	0.0739	0.007	2.75
0.142	0.092	0.300	0.0133	0.15	0.0739	0.007	2.76
0.209	0.085	0.300	0.0110	0.13	0.06	0.005	3.40
0.220	0.085	0.300	0.0107	0.13	0.06	0.005	3.40
0.214	0.085	0.300	0.0108	0.13	0.06	0.005	3.40
0.157	0.090	0.300	0.0127	0.14	0.0668	0.006	3.06
0.200	0.086	0.300	0.0112	0.13	0.06	0.005	3.41
0.168	0.089	0.300	0.0123	0.14	0.0668	0.006	3.07
0.201	0.086	0.300	0.0112	0.13	0.06	0.005	3.41
0.189	0.087	0.300	0.0116	0.14	0.0668	0.006	3.07
0.192	0.087	0.300	0.0115	0.14	0.0668	0.006	3.07
0.236	0.084	0.300	0.0104	0.13	0.06	0.005	3.42
0.233	0.084	0.300	0.0104	0.13	0.06	0.005	3.42
0.200	0.086	0.300	0.0113	0.13	0.06	0.005	3.42
0.084	0.102	0.300	0.0174	0.17	0.0885	0.008	2.32
0.216	0.086	0.300	0.0113	0.14	0.0668	0.006	3.20
0.054	0.112	0.300	0.0227	0.19	0.1039	0.009	2.06

0.113	0.098	0.300	0.0157	0.16	0.0811	0.007	2.64
0.217	0.087	0.300	0.0115	0.14	0.0668	0.006	3.27
0.443	0.076	0.300	0.0081	0.12	0.0534	0.005	4.10
0.099	0.101	0.300	0.0170	0.16	0.0811	0.007	2.70
0.233	0.086	0.300	0.0111	0.13	0.06	0.005	3.65
0.167	0.092	0.300	0.0132	0.15	0.0739	0.007	2.97
0.230	0.086	0.300	0.0112	0.13	0.06	0.005	3.66
0.202	0.089	0.300	0.0121	0.14	0.0668	0.006	3.30
0.144	0.094	0.300	0.0143	0.15	0.0739	0.007	2.98
0.097	0.102	0.300	0.0173	0.17	0.0885	0.008	2.49
0.042	0.119	0.300	0.0266	0.2	0.1118	0.010	1.97
0.037	0.122	0.300	0.0281	0.21	0.1199	0.011	1.84
0.032	0.125	0.300	0.0303	0.22	0.1281	0.012	1.72
0.042	0.119	0.300	0.0266	0.2	0.1118	0.010	1.98
0.008	0.161	0.300	0.0596	0.3	0.1982	0.018	1.12
0.008	0.169	0.300	0.0675	0.32	0.2167	0.020	1.12
0.008	0.169	0.300	0.0673	0.32	0.2167	0.020	1.12
0.014	0.153	0.300	0.0514	0.28	0.18	0.016	1.36
0.008	0.170	0.300	0.0690	0.32	0.2167	0.020	1.13
0.008	0.167	0.300	0.0657	0.32	0.2167	0.020	1.13
0.008	0.170	0.300	0.0685	0.32	0.2167	0.020	1.13
0.008	0.170	0.300	0.0689	0.32	0.2167	0.020	1.13
0.008	0.170	0.300	0.0682	0.32	0.2167	0.020	1.15
0.007	0.173	0.300	0.0719	0.33	0.226	0.020	1.10
0.008	0.170	0.300	0.0684	0.32	0.2167	0.020	1.15
0.008	0.170	0.300	0.0684	0.32	0.2167	0.020	1.15
0.008	0.174	0.300	0.0725	0.33	0.226	0.020	1.17
0.008	0.174	0.300	0.0725	0.33	0.226	0.020	1.17
0.008	0.174	0.300	0.0733	0.33	0.226	0.020	1.18
0.008	0.174	0.300	0.0733	0.34	0.2355	0.021	1.13
0.008	0.174	0.300	0.0734	0.34	0.2355	0.021	1.14

### 13.5. Evaluación del interceptor en época lluviosa

#### 13.5.1. Diámetro de 200mm

**Tabla 13.10**

*Proceso iterativo para la determinación del caudal de ingreso a través del orificio hacia el interceptor. (D=0.2m)*

Caudal combinado	h	Qo	Qo *	Qe	K4	Y/D	Y	H*	Qt	Error
m3/s	m	m3/s	m3/s	m3/s			m	m	m3/s	
0.060	0.089	0.024	0.024	0.035	0.006	0.090	0.063	0.063	0.060	0.00%
0.160	0.152	0.032	0.032	0.128	0.022	0.180	0.126	0.126	0.160	0.00%

0.328	0.215	0.038	0.038	0.290	0.050	0.270	0.189	0.189	0.328	0.00%
0.457	0.250	0.041	0.041	0.416	0.072	0.320	0.224	0.224	0.457	0.00%
0.491	0.257	0.042	0.042	0.449	0.077	0.330	0.231	0.231	0.491	0.00%
0.457	0.250	0.041	0.041	0.416	0.072	0.320	0.224	0.224	0.457	0.00%
0.385	0.229	0.039	0.039	0.346	0.060	0.290	0.203	0.203	0.385	0.00%
0.280	0.194	0.036	0.036	0.244	0.042	0.240	0.168	0.168	0.280	0.00%
0.199	0.166	0.033	0.033	0.165	0.028	0.200	0.140	0.140	0.199	0.00%
0.146	0.145	0.031	0.031	0.115	0.020	0.170	0.119	0.119	0.146	0.00%
0.111	0.124	0.029	0.029	0.082	0.014	0.140	0.098	0.098	0.111	0.00%
0.082	0.110	0.027	0.027	0.055	0.009	0.110	0.077	0.084	0.082	0.00%
0.063	0.096	0.025	0.025	0.038	0.006	0.090	0.063	0.070	0.063	0.00%
0.049	0.082	0.023	0.023	0.025	0.004	0.080	0.056	0.056	0.049	0.00%
0.038	0.068	0.021	0.021	0.017	0.003	0.060	0.042	0.042	0.038	0.00%
0.031	0.061	0.020	0.020	0.011	0.002	0.050	0.035	0.035	0.031	0.00%
0.026	0.061	0.020	0.020	0.005	0.001	0.040	0.028	0.035	0.026	0.00%
0.022	0.054	0.019	0.019	0.003	0.000	0.020	0.014	0.028	0.022	0.00%
0.019	0.046	0.018	0.017	0.001	0.000	0.020	0.014	0.020	0.018	-0.06%

**Tabla 13.11**

*Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.2).*

Hidrograma	
Tiempo	Caudal que ingresa al colector
h	m3/s
0.00	0.012
0.34	0.024
0.67	0.032
1.01	0.038
1.34	0.041
1.68	0.042
2.01	0.041
2.35	0.039
2.68	0.036
3.02	0.033
3.36	0.031
3.69	0.029
4.03	0.027
4.36	0.025
4.70	0.023
5.03	0.021
5.37	0.020
5.70	0.020
6.04	0.019
6.37	0.018

6.71	0.017
7.05	0.017
7.38	0.015
7.72	0.013
8.05	0.013
8.39	0.012

**Tabla 13.12**

*Resultados de la evaluación del interceptor de diámetro de 0.2m en época lluviosa.*

Tramo	S diseño	Diámetro teórico	Diámetro comercial	k4	Y/D	Y	k1	Área	Vel.
	(m/m)	(m)	(m)			(m)		m2	m/s
1	0.053	0.094	0.200	0.1586	0.51	0.10	0.4027	0.016	2.8
2	0.069	0.089	0.200	0.1388	0.47	0.09	0.3627	0.015	3.1
3	0.035	0.101	0.200	0.1946	0.58	0.12	0.4724	0.019	2.4
4	0.021	0.111	0.200	0.2508	0.68	0.14	0.5687	0.023	2.0
5	0.044	0.097	0.200	0.1734	0.54	0.11	0.4327	0.017	2.6
6	0.077	0.088	0.200	0.1320	0.46	0.09	0.3527	0.014	3.2
7	0.079	0.087	0.200	0.1302	0.46	0.09	0.3527	0.014	3.2
8	0.077	0.088	0.200	0.1318	0.46	0.09	0.3527	0.014	3.2
9	0.086	0.086	0.200	0.1248	0.45	0.09	0.3428	0.014	3.3
10	0.061	0.092	0.200	0.1488	0.49	0.10	0.3827	0.015	3.0
11	0.073	0.089	0.200	0.1352	0.47	0.09	0.3627	0.015	3.1
12	0.036	0.102	0.200	0.1934	0.58	0.12	0.4724	0.019	2.4
13	0.036	0.102	0.200	0.1929	0.57	0.11	0.4625	0.019	2.5
14	0.035	0.102	0.200	0.1953	0.58	0.12	0.4724	0.019	2.4
15	0.182	0.075	0.200	0.0862	0.36	0.07	0.2546	0.010	4.5
16	0.062	0.092	0.200	0.1479	0.49	0.10	0.3827	0.015	3.0
17	0.120	0.081	0.200	0.1061	0.41	0.08	0.3032	0.012	3.8
18	0.117	0.082	0.200	0.1075	0.41	0.08	0.3032	0.012	3.8
19	0.139	0.079	0.200	0.0988	0.39	0.08	0.2836	0.011	4.0
20	0.209	0.073	0.200	0.0806	0.35	0.07	0.245	0.010	4.7
21	0.220	0.073	0.200	0.0785	0.35	0.07	0.245	0.010	4.7
22	0.213	0.073	0.200	0.0799	0.35	0.07	0.245	0.010	4.7
23	0.155	0.078	0.200	0.0936	0.38	0.08	0.2739	0.011	4.2
24	0.197	0.074	0.200	0.0830	0.36	0.07	0.2546	0.010	4.5
25	0.161	0.077	0.200	0.0917	0.38	0.08	0.2739	0.011	4.2
26	0.198	0.074	0.200	0.0828	0.36	0.07	0.2546	0.010	4.5
27	0.182	0.075	0.200	0.0865	0.37	0.07	0.2642	0.011	4.3
28	0.192	0.075	0.200	0.0842	0.36	0.07	0.2546	0.010	4.5
29	0.236	0.072	0.200	0.0759	0.34	0.07	0.2355	0.009	4.9
30	0.233	0.072	0.200	0.0764	0.34	0.07	0.2355	0.009	4.9
31	0.200	0.074	0.200	0.0824	0.36	0.07	0.2546	0.010	4.5
32	0.084	0.087	0.200	0.1274	0.45	0.09	0.3428	0.014	3.3

33	0.216	0.074	0.200	0.0799	0.35	0.07	0.245	0.010	4.7
34	0.054	0.096	0.200	0.1601	0.51	0.10	0.4027	0.016	2.9
35	0.113	0.083	0.200	0.1106	0.42	0.08	0.313	0.013	3.7
36	0.217	0.074	0.200	0.0801	0.35	0.07	0.245	0.010	4.7
37	0.443	0.065	0.200	0.0560	0.29	0.06	0.1891	0.008	6.1
38	0.099	0.086	0.200	0.1182	0.43	0.09	0.3229	0.013	3.6
39	0.233	0.073	0.200	0.0772	0.34	0.07	0.2355	0.009	4.9
40	0.167	0.078	0.200	0.0914	0.38	0.08	0.2739	0.011	4.2
41	0.230	0.073	0.200	0.0779	0.35	0.07	0.245	0.010	4.7
42	0.202	0.075	0.200	0.0832	0.36	0.07	0.2546	0.010	4.6
43	0.144	0.080	0.200	0.0985	0.39	0.08	0.2836	0.011	4.1
44	0.097	0.086	0.200	0.1197	0.43	0.09	0.3229	0.013	3.6
45	0.042	0.101	0.200	0.1834	0.56	0.11	0.4526	0.018	2.6
46	0.037	0.104	0.200	0.1935	0.58	0.12	0.4724	0.019	2.5
47	0.032	0.107	0.200	0.2087	0.6	0.12	0.492	0.020	2.4
48	0.042	0.101	0.200	0.1833	0.56	0.11	0.4526	0.018	2.6
49	0.008	0.137	0.200	0.4110	1	0.20	0.7854	0.031	1.5
50	0.008	0.146	0.200	0.4421	1	0.20	0.7854	0.031	1.5
51	0.008	0.146	0.200	0.4406	1	0.20	0.7854	0.031	1.5
52	0.010	0.139	0.200	0.3819	1	0.20	0.7854	0.031	1.5
53	0.006	0.155	0.200	0.5150	1	0.20	0.7854	0.031	1.5
54	0.008	0.145	0.200	0.4266	1	0.20	0.7854	0.031	1.5
55	0.008	0.147	0.200	0.4447	1	0.20	0.7854	0.031	1.5
56	0.008	0.147	0.200	0.4468	1	0.20	0.7854	0.031	1.5
57	0.008	0.147	0.200	0.4374	1	0.20	0.7854	0.031	1.5
58	0.010	0.141	0.200	0.3957	1	0.20	0.7854	0.031	1.6
59	0.008	0.147	0.200	0.4380	1	0.20	0.7854	0.031	1.6
60	0.008	0.147	0.200	0.4381	1	0.20	0.7854	0.031	1.6
61	0.008	0.151	0.200	0.4502	1	0.20	0.7854	0.031	1.6
62	0.008	0.152	0.200	0.4503	1	0.20	0.7854	0.031	1.6
63	0.008	0.152	0.200	0.4512	1	0.20	0.7854	0.031	1.6
64	0.008	0.152	0.200	0.4515	1	0.20	0.7854	0.031	1.6
65	0.008	0.152	0.200	0.4516	1	0.20	0.7854	0.031	1.6

**Tabla 13.13**

Proceso iterativo para determinar el caudal de ingreso máximo para distintas aberturas de la compuerta. ( $D=0.2m$ )

Tubería de salida (orificio)					Tubería de excesos					Balace de Caudales	
D		0.2	m		D		0.7	m		Qt	Error
Abertura	h	A	Qo	Qo *	Qe	K4	Y/D	Y	H*		
m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s			m	m	m <sup>3</sup> /s	
0.1	0.33	0.016	0.02	0.023	0.468	0.1	0.34	0.238	0.238	0.491	0.00%
0.11	0.32	0.018	0.03	0.026	0.465	0.1	0.34	0.238	0.238	0.491	0.00%
0.12	0.31	0.02	0.03	0.029	0.462	0.1	0.34	0.238	0.238	0.491	0.00%

0.13	0.31	0.022	0.03	0.031	0.460	0.1	0.34	0.238	0.238	0.491	0.00%
0.135	0.3	0.023	0.03	0.032	0.458	0.1	0.34	0.238	0.238	0.490	0.00%
0.14	0.3	0.023	0.03	0.034	0.457	0.1	0.34	0.238	0.238	0.491	0.00%
0.15	0.29	0.025	0.04	0.036	0.456	0.1	0.34	0.238	0.231	0.492	0.04%
0.16	0.28	0.027	0.04	0.037	0.454	0.1	0.33	0.231	0.231	0.491	0.00%
0.17	0.28	0.028	0.04	0.039	0.452	0.1	0.33	0.231	0.231	0.491	0.00%
0.18	0.27	0.03	0.04	0.04	0.451	0.1	0.33	0.231	0.231	0.491	0.00%
0.19	0.26	0.031	0.04	0.041	0.450	0.1	0.33	0.231	0.231	0.491	0.00%
0.2	0.26	0.031	0.04	0.042	0.449	0.1	0.33	0.231	0.231	0.491	0.00%

**Tabla 13.14**

Proceso iterativo para la determinación del caudal de ingreso a través del orificio hacia el interceptor. ( $D=0.2m$ ,  $a=0.1m$ )

Tiempo	Caudal combinado	h	Qo	Qo *	Qe	K4	Y/D	Y	H*	Qt	Error
h	m3/s	m	m3/s	m3/s	m3/s			m	m	m3/s	
0.34	0.060	0.158	0.016	0.016	0.043	0.007	0.100	0.070	0.070	0.060	0.00%
0.67	0.160	0.214	0.019	0.019	0.141	0.024	0.180	0.126	0.126	0.160	0.00%
1.01	0.328	0.277	0.022	0.022	0.306	0.053	0.270	0.189	0.189	0.328	0.00%
1.34	0.457	0.319	0.023	0.023	0.434	0.075	0.330	0.231	0.231	0.457	0.00%
1.68	0.491	0.326	0.023	0.023	0.467	0.080	0.340	0.238	0.238	0.491	0.00%
2.01	0.457	0.319	0.023	0.023	0.434	0.075	0.330	0.231	0.231	0.457	0.00%
2.35	0.385	0.298	0.022	0.022	0.363	0.062	0.300	0.210	0.210	0.385	0.00%
2.68	0.280	0.263	0.021	0.021	0.259	0.045	0.250	0.175	0.175	0.280	0.00%
3.02	0.199	0.235	0.020	0.020	0.179	0.031	0.210	0.147	0.147	0.199	0.00%
3.36	0.146	0.207	0.019	0.019	0.127	0.022	0.170	0.119	0.119	0.146	0.00%
3.69	0.111	0.193	0.018	0.018	0.093	0.016	0.150	0.105	0.105	0.111	0.00%
4.03	0.082	0.172	0.017	0.017	0.065	0.011	0.120	0.084	0.084	0.082	0.00%
4.36	0.063	0.165	0.017	0.017	0.046	0.008	0.100	0.070	0.077	0.063	0.00%
4.70	0.049	0.151	0.016	0.016	0.033	0.006	0.090	0.063	0.063	0.049	0.00%
5.03	0.038	0.137	0.015	0.015	0.023	0.004	0.070	0.049	0.049	0.038	0.00%
5.37	0.031	0.130	0.015	0.015	0.016	0.003	0.060	0.042	0.042	0.031	0.00%
5.70	0.026	0.137	0.015	0.015	0.018	0.003	0.070	0.049	0.049	0.033	0.76%
6.04	0.022	0.116	0.014	0.014	0.008	0.001	0.040	0.028	0.028	0.022	0.00%
6.37	0.019	0.116	0.014	0.014	0.005	0.001	0.030	0.021	0.028	0.019	0.00%

**Tabla 13.15**

Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia ( $D=0.2m$ ,  $a=0.1m$ ).

<b>Hidrograma</b>
-------------------

Tiempo	Caudal que ingresa al interceptor
h	m <sup>3</sup> /s
0.00	0.012
0.34	0.016
0.67	0.019
1.01	0.022
1.34	0.023
1.68	0.023
2.01	0.023
2.35	0.022
2.68	0.021
3.02	0.020
3.36	0.019
3.69	0.018
4.03	0.017
4.36	0.017
4.70	0.016
5.03	0.015
5.37	0.015
5.70	0.015
6.04	0.014
6.37	0.014
6.71	0.017
7.05	0.017
7.38	0.015
7.72	0.013
8.05	0.013
8.39	0.012

**Tabla 13.16**

*Resultados de la evaluación del interceptor de en época lluviosa. (D=0.2m, a=0.1m)*

Tramo	S diseño	Diámetro teórico	Diámetro comercial	k4	Y/D	k1	Área	Vel.	Caudal 75%	Vel. 75%	Esfuerzo cortante
	(m/m)	(m)	(m)				m <sup>2</sup>	m/s	m <sup>3</sup> /s	m/s	(N/m <sup>2</sup> )
1	0.053	0.094	0.200	0.0818	0.35	0.245	0.010	2.4	0.08	3.21	20.04
2	0.069	0.089	0.200	0.0716	0.33	0.226	0.009	2.6	0.09	3.67	24.98
3	0.035	0.101	0.200	0.1004	0.4	0.2934	0.012	2.0	0.07	2.62	14.76
4	0.021	0.111	0.200	0.1295	0.45	0.3428	0.014	1.7	0.05	2.03	9.67
5	0.044	0.097	0.200	0.0897	0.37	0.2642	0.011	2.2	0.07	2.95	17.58
6	0.077	0.088	0.200	0.0683	0.32	0.2167	0.009	2.7	0.10	3.87	27.14

7	0.079	0.087	0.200	0.0675	0.32	0.2167	0.009	2.7	0.10	3.93	27.98
8	0.077	0.088	0.200	0.0683	0.32	0.2167	0.009	2.7	0.10	3.89	27.30
9	0.086	0.086	0.200	0.0647	0.31	0.2074	0.008	2.8	0.10	4.10	29.67
10	0.061	0.092	0.200	0.0772	0.34	0.2355	0.009	2.5	0.09	3.44	22.48
11	0.073	0.089	0.200	0.0701	0.33	0.226	0.009	2.6	0.10	3.79	26.60
12	0.036	0.102	0.200	0.1004	0.4	0.2934	0.012	2.0	0.07	2.65	15.13
13	0.036	0.102	0.200	0.1002	0.39	0.2836	0.011	2.1	0.07	2.66	14.92
14	0.035	0.102	0.200	0.1014	0.4	0.2934	0.012	2.0	0.07	2.63	14.85
15	0.182	0.075	0.200	0.0448	0.26	0.1623	0.006	3.7	0.15	5.96	54.03
16	0.062	0.092	0.200	0.0769	0.34	0.2355	0.009	2.5	0.09	3.47	22.88
17	0.120	0.081	0.200	0.0552	0.29	0.1891	0.008	3.1	0.12	4.85	39.20
18	0.117	0.082	0.200	0.0559	0.29	0.1891	0.008	3.1	0.12	4.78	38.14
19	0.139	0.079	0.200	0.0514	0.28	0.18	0.007	3.3	0.13	5.20	43.86
20	0.209	0.073	0.200	0.0419	0.25	0.1554	0.006	3.8	0.16	6.39	60.76
21	0.220	0.073	0.200	0.0409	0.25	0.1554	0.006	3.8	0.17	6.56	64.00
22	0.213	0.073	0.200	0.0416	0.25	0.1554	0.006	3.8	0.16	6.45	61.88
23	0.155	0.078	0.200	0.0488	0.27	0.1711	0.007	3.5	0.14	5.50	47.58
24	0.197	0.074	0.200	0.0433	0.26	0.1623	0.006	3.7	0.16	6.20	58.58
25	0.161	0.077	0.200	0.0478	0.27	0.1711	0.007	3.5	0.14	5.62	49.55
26	0.198	0.074	0.200	0.0432	0.26	0.1623	0.006	3.7	0.16	6.22	58.95
27	0.182	0.075	0.200	0.0451	0.26	0.1623	0.006	3.7	0.15	5.96	54.07
28	0.192	0.075	0.200	0.0439	0.26	0.1623	0.006	3.7	0.15	6.12	57.03
29	0.236	0.072	0.200	0.0396	0.25	0.1554	0.006	3.8	0.17	6.79	68.66
30	0.233	0.072	0.200	0.0399	0.25	0.1554	0.006	3.8	0.17	6.74	67.73
31	0.200	0.074	0.200	0.0430	0.26	0.1623	0.006	3.7	0.16	6.26	59.55
32	0.084	0.087	0.200	0.0664	0.32	0.2167	0.009	2.8	0.10	4.05	29.65
33	0.216	0.074	0.200	0.0419	0.25	0.1554	0.006	3.9	0.16	6.50	62.88
34	0.054	0.096	0.200	0.0841	0.36	0.2546	0.010	2.4	0.08	3.24	20.88
35	0.113	0.083	0.200	0.0581	0.3	0.1982	0.008	3.1	0.12	4.70	37.86
36	0.217	0.074	0.200	0.0422	0.25	0.1554	0.006	3.9	0.16	6.51	63.10
37	0.443	0.065	0.200	0.0295	0.21	0.1199	0.005	5.1	0.24	9.31	109.43
38	0.099	0.086	0.200	0.0623	0.31	0.2074	0.008	2.9	0.11	4.41	34.27
39	0.233	0.073	0.200	0.0407	0.25	0.1554	0.006	3.9	0.17	6.75	67.91
40	0.167	0.078	0.200	0.0482	0.27	0.1711	0.007	3.6	0.14	5.71	51.22
41	0.230	0.073	0.200	0.0411	0.25	0.1554	0.006	3.9	0.17	6.70	66.87
42	0.202	0.075	0.200	0.0439	0.26	0.1623	0.006	3.8	0.16	6.28	60.01
43	0.144	0.080	0.200	0.0520	0.28	0.18	0.007	3.4	0.13	5.30	45.55
44	0.097	0.086	0.200	0.0632	0.31	0.2074	0.008	3.0	0.11	4.37	33.59
45	0.042	0.101	0.200	0.0968	0.39	0.2836	0.011	2.2	0.07	2.85	17.13
46	0.037	0.104	0.200	0.1022	0.4	0.2934	0.012	2.1	0.07	2.70	15.70
47	0.032	0.107	0.200	0.1102	0.42	0.313	0.013	2.0	0.06	2.50	13.97
48	0.042	0.101	0.200	0.0968	0.39	0.2836	0.011	2.2	0.07	2.85	17.17
49	0.008	0.137	0.200	0.2171	0.62	0.5115	0.020	1.2	0.03	1.27	4.58
50	0.008	0.146	0.200	0.2418	0.67	0.5594	0.022	1.2	0.03	1.23	4.44
51	0.008	0.146	0.200	0.2410	0.67	0.5594	0.022	1.2	0.03	1.24	4.47
52	0.010	0.139	0.200	0.2092	0.6	0.492	0.020	1.4	0.04	1.43	5.68
53	0.006	0.155	0.200	0.2821	0.75	0.6319	0.025	1.1	0.03	1.06	3.40

54	0.008	0.145	0.200	0.2338	0.65	0.5404	0.022	1.2	0.03	1.28	4.73
55	0.008	0.147	0.200	0.2437	0.67	0.5594	0.022	1.2	0.03	1.23	4.41
56	0.008	0.147	0.200	0.2449	0.67	0.5594	0.022	1.2	0.03	1.22	4.37
57	0.008	0.147	0.200	0.2403	0.66	0.5499	0.022	1.2	0.03	1.25	4.56
58	0.010	0.141	0.200	0.2175	0.62	0.5115	0.020	1.3	0.03	1.38	5.42
59	0.008	0.147	0.200	0.2408	0.66	0.5499	0.022	1.2	0.03	1.25	4.55
60	0.008	0.147	0.200	0.2409	0.66	0.5499	0.022	1.2	0.03	1.25	4.55
61	0.008	0.151	0.200	0.2529	0.69	0.578	0.023	1.2	0.03	1.25	4.63
62	0.008	0.152	0.200	0.2531	0.69	0.578	0.023	1.2	0.03	1.25	4.63
63	0.008	0.152	0.200	0.2539	0.69	0.578	0.023	1.2	0.03	1.25	4.63
64	0.008	0.152	0.200	0.2542	0.69	0.578	0.023	1.2	0.03	1.25	4.63
65	0.008	0.152	0.200	0.2543	0.69	0.578	0.023	1.2	0.03	1.25	4.63

### 13.5.2. Diámetro de 270mm

**Tabla 13.17**

*Proceso iterativo para la determinación del caudal de ingreso a través del orificio hacia el interceptor. (D=0.27m)*

Caudal combinado	h	Qo	Qo *	Qe	K4	Y/D	Y	H*	Qt	Error
m3/s	m	m3/s	m3/s	m3/s			m	m	m3/s	
0.060	0.039	0.029	0.029	0.030	0.005	0.090	0.063	0.056	0.060	0.00%
0.160	0.095	0.046	0.046	0.114	0.020	0.170	0.119	0.112	0.160	0.00%
0.328	0.158	0.059	0.059	0.269	0.046	0.260	0.182	0.175	0.328	0.00%
0.457	0.200	0.067	0.067	0.390	0.067	0.310	0.217	0.217	0.457	0.00%
0.491	0.207	0.068	0.068	0.423	0.073	0.320	0.224	0.224	0.491	0.00%
0.457	0.200	0.067	0.067	0.390	0.067	0.310	0.217	0.217	0.457	0.00%
0.385	0.179	0.063	0.063	0.322	0.055	0.280	0.196	0.196	0.385	0.00%
0.280	0.144	0.057	0.057	0.223	0.038	0.230	0.161	0.161	0.280	0.00%
0.199	0.116	0.051	0.051	0.148	0.025	0.190	0.133	0.133	0.199	0.00%
0.146	0.088	0.044	0.044	0.102	0.017	0.160	0.112	0.105	0.146	0.00%
0.111	0.074	0.041	0.041	0.070	0.012	0.130	0.091	0.091	0.111	0.00%
0.082	0.053	0.034	0.034	0.048	0.008	0.110	0.077	0.070	0.082	0.00%
0.063	0.039	0.029	0.029	0.034	0.006	0.090	0.063	0.056	0.063	0.00%
0.049	0.032	0.027	0.027	0.022	0.004	0.070	0.049	0.049	0.049	0.00%
0.038	0.025	0.023	0.020	0.015	0.003	0.060	0.042	0.042	0.035	-0.36%
0.031	0.025	0.023	0.023	0.008	0.001	0.040	0.028	0.042	0.031	0.00%
0.026	0.021	0.023	0.021	0.004	0.001	0.030	0.021	0.038	0.026	0.00%

**Tabla 13.18**

*Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.27m).*

Hidrograma	
Tiempo	Caudal que ingresa al colector
h	m <sup>3</sup> /s
0.00	0.0118
0.34	0.0293
0.67	0.0459
1.01	0.0593
1.34	0.0667
1.68	0.0679
2.01	0.0667
2.35	0.0631
2.68	0.0566
3.02	0.0508
3.36	0.0442
3.69	0.0405
4.03	0.0342
4.36	0.0293
4.70	0.0265
5.03	0.0234
5.37	0.0234
5.70	0.0214
6.04	0.0218
6.37	0.0190
6.71	0.0171
7.05	0.0166
7.38	0.0151
7.72	0.0132
8.05	0.0125
8.39	0.0118

**Tabla 13.19**

*Resultados de la evaluación del interceptor de diámetro de 0.27m en época lluviosa.*

S diseño	Diámetro teórico	Diámetro comercial	k4	Y/D	k1	Área	Vel.	Caudal 75%	Vel. 75%
(m/m)	(m)	(m)				m <sup>2</sup>	m/s	m <sup>3</sup> /s	m/s
0.063	0.105	0.270	0.0979	0.39	0.2836	0.021	3.28	0.20	4.28
0.069	0.104	0.270	0.0934	0.38	0.2739	0.020	3.40	0.21	4.48
0.035	0.118	0.270	0.1308	0.46	0.3527	0.026	2.64	0.15	3.20

0.021	0.129	0.270	0.1686	0.53	0.4227	0.031	2.20	0.11	2.48
0.044	0.113	0.270	0.1166	0.43	0.3229	0.024	2.89	0.17	3.60
0.077	0.102	0.270	0.0887	0.37	0.2642	0.019	3.53	0.22	4.73
0.079	0.102	0.270	0.0874	0.37	0.2642	0.019	3.53	0.22	4.80
0.077	0.102	0.270	0.0885	0.37	0.2642	0.019	3.53	0.22	4.75
0.086	0.100	0.270	0.0838	0.36	0.2546	0.019	3.67	0.23	5.01
0.061	0.107	0.270	0.0999	0.39	0.2836	0.021	3.29	0.19	4.20
0.073	0.103	0.270	0.0908	0.37	0.2642	0.019	3.54	0.21	4.63
0.036	0.118	0.270	0.1298	0.45	0.3428	0.025	2.73	0.15	3.24
0.036	0.118	0.270	0.1295	0.45	0.3428	0.025	2.73	0.15	3.25
0.035	0.119	0.270	0.1310	0.46	0.3527	0.026	2.65	0.15	3.21
0.183	0.087	0.270	0.0576	0.3	0.1982	0.014	4.72	0.34	7.30
0.062	0.107	0.270	0.0992	0.39	0.2836	0.021	3.30	0.20	4.24
0.120	0.095	0.270	0.0711	0.33	0.226	0.016	4.14	0.27	5.92
0.117	0.095	0.270	0.0721	0.33	0.226	0.016	4.14	0.27	5.84
0.142	0.092	0.270	0.0655	0.32	0.2167	0.016	4.32	0.30	6.43
0.209	0.085	0.270	0.0540	0.29	0.1891	0.014	4.95	0.36	7.80
0.220	0.085	0.270	0.0526	0.28	0.18	0.013	5.21	0.37	8.01
0.214	0.085	0.270	0.0534	0.28	0.18	0.013	5.21	0.36	7.90
0.157	0.090	0.270	0.0624	0.31	0.2074	0.015	4.52	0.31	6.76
0.200	0.086	0.270	0.0552	0.29	0.1891	0.014	4.96	0.35	7.64
0.168	0.089	0.270	0.0602	0.3	0.1982	0.014	4.73	0.32	7.00
0.201	0.086	0.270	0.0551	0.29	0.1891	0.014	4.96	0.35	7.66
0.189	0.087	0.270	0.0568	0.29	0.1891	0.014	4.96	0.34	7.42
0.192	0.087	0.270	0.0564	0.29	0.1891	0.014	4.96	0.34	7.48
0.236	0.084	0.270	0.0509	0.28	0.18	0.013	5.21	0.38	8.29
0.233	0.084	0.270	0.0512	0.28	0.18	0.013	5.21	0.38	8.24
0.200	0.086	0.270	0.0552	0.29	0.1891	0.014	4.96	0.35	7.64
0.084	0.102	0.270	0.0853	0.36	0.2546	0.019	3.69	0.23	4.95
0.216	0.086	0.270	0.0534	0.28	0.18	0.013	5.24	0.37	7.94
0.054	0.112	0.270	0.1070	0.41	0.3032	0.022	3.11	0.18	3.96
0.113	0.098	0.270	0.0739	0.34	0.2355	0.017	4.00	0.26	5.74
0.217	0.087	0.270	0.0534	0.29	0.1891	0.014	5.00	0.37	7.95
0.443	0.076	0.270	0.0374	0.24	0.145	0.011	6.52	0.52	11.37
0.099	0.101	0.270	0.0789	0.35	0.245	0.018	3.86	0.25	5.39
0.233	0.086	0.270	0.0515	0.28	0.18	0.013	5.25	0.38	8.25
0.167	0.092	0.270	0.0610	0.3	0.1982	0.014	4.77	0.32	6.97
0.230	0.086	0.270	0.0520	0.28	0.18	0.013	5.25	0.38	8.19
0.202	0.089	0.270	0.0555	0.29	0.1891	0.014	5.00	0.35	7.67
0.144	0.094	0.270	0.0657	0.32	0.2167	0.016	4.37	0.30	6.48
0.097	0.102	0.270	0.0798	0.35	0.245	0.018	3.86	0.25	5.33
0.042	0.119	0.270	0.1223	0.44	0.3328	0.024	2.84	0.16	3.48
0.037	0.122	0.270	0.1290	0.45	0.3428	0.025	2.76	0.15	3.30
0.032	0.125	0.270	0.1392	0.47	0.3627	0.026	2.61	0.14	3.06
0.042	0.119	0.270	0.1222	0.44	0.3328	0.024	2.85	0.16	3.48

0.008	0.161	0.270	0.2741	0.73	0.6143	0.045	1.54	0.07	1.55
0.008	0.169	0.270	0.2910	0.77	0.6489	0.047	1.50	0.07	1.50
0.008	0.169	0.270	0.2900	0.77	0.6489	0.047	1.50	0.07	1.51
0.009	0.166	0.270	0.2731	0.73	0.6143	0.045	1.59	0.07	1.60
0.008	0.170	0.270	0.2948	0.78	0.6573	0.048	1.48	0.07	1.49
0.008	0.167	0.270	0.2806	0.75	0.6319	0.046	1.54	0.07	1.56
0.008	0.170	0.270	0.2925	0.77	0.6489	0.047	1.50	0.07	1.50
0.008	0.170	0.270	0.2938	0.78	0.6573	0.048	1.48	0.07	1.49
0.008	0.170	0.270	0.2874	0.76	0.6405	0.047	1.53	0.07	1.53
0.008	0.170	0.270	0.2877	0.76	0.6405	0.047	1.53	0.07	1.53
0.008	0.170	0.270	0.2878	0.76	0.6405	0.047	1.53	0.07	1.53
0.008	0.170	0.270	0.2878	0.76	0.6405	0.047	1.53	0.07	1.53
0.008	0.174	0.270	0.2932	0.78	0.6573	0.048	1.52	0.07	1.53
0.008	0.174	0.270	0.2933	0.78	0.6573	0.048	1.52	0.07	1.53
0.008	0.174	0.270	0.2937	0.78	0.6573	0.048	1.52	0.07	1.53
0.008	0.174	0.270	0.2938	0.78	0.6573	0.048	1.52	0.07	1.53
0.008	0.174	0.270	0.2939	0.78	0.6573	0.048	1.52	0.07	1.53

**Tabla 13.20**

Proceso iterativo para determinar el caudal de ingreso máximo para distintas aberturas de la compuerta. (D=0.27m)

Tubería de salida					Tubería de excesos					Balace de Caudales	
D		0.27	m		D		0.7	m		Qt	Error
Abertura	h	A	Qo	Qo *	Qm	K4	Y/D	Y	H*		
m	m	m2	m3/s	m3/s	m3/s	m			m	m	m3/s
0.135	0.297	0.029	0.0407	0.0412	0.450	0.077	0.33	0.231	0.231	0.491	0.05%
0.14	0.294	0.030	0.0424	0.0424	0.448	0.077	0.33	0.231	0.231	0.491	0.00%
0.15	0.288	0.033	0.0457	0.0457	0.445	0.077	0.33	0.231	0.231	0.491	0.00%
0.16	0.282	0.035	0.0489	0.0489	0.442	0.076	0.33	0.231	0.231	0.491	0.00%
0.17	0.276	0.038	0.0520	0.0520	0.439	0.075	0.33	0.231	0.231	0.491	0.00%
0.18	0.269	0.041	0.0549	0.0549	0.436	0.075	0.33	0.231	0.231	0.491	0.00%
0.19	0.263	0.043	0.0576	0.0576	0.433	0.074	0.33	0.231	0.231	0.491	0.00%
0.2	0.257	0.045	0.0601	0.0593	0.431	0.074	0.33	0.231	0.231	0.490	-0.08%
0.21	0.244	0.048	0.0615	0.0615	0.429	0.074	0.33	0.231	0.224	0.491	0.00%
0.215	0.241	0.049	0.0625	0.0625	0.428	0.074	0.33	0.231	0.224	0.491	0.00%
0.22	0.238	0.050	0.0635	0.0635	0.427	0.073	0.33	0.231	0.224	0.491	0.00%
0.23	0.231	0.052	0.0652	0.0652	0.425	0.073	0.32	0.224	0.224	0.491	0.00%
0.24	0.225	0.054	0.0665	0.0665	0.424	0.073	0.32	0.224	0.224	0.491	0.00%
0.25	0.219	0.055	0.0675	0.0675	0.423	0.073	0.32	0.224	0.224	0.491	0.00%
0.26	0.213	0.057	0.0680	0.0680	0.423	0.073	0.32	0.224	0.224	0.491	0.00%
0.27	0.207	0.057	0.0679	0.0679	0.423	0.073	0.32	0.224	0.224	0.491	0.00%

**Tabla 13.21**

*Proceso iterativo para la determinación del caudal de ingreso a través del orificio hacia el interceptor. (D=0.27m, a=0.22m)*

Caudal combinado	h	Qo	Qo *	Qe	K4	Y/D	Y	H*	Qt	Error
m3/s	m	m3/s	m3/s	m3/s			m	m	m3/s	
0.060	0.070	0.034	0.034	0.025	0.004	0.080	0.056	0.056	0.060	0.00%
0.160	0.126	0.046	0.046	0.114	0.020	0.170	0.119	0.112	0.160	0.00%
0.328	0.196	0.058	0.058	0.270	0.046	0.260	0.182	0.182	0.328	0.00%
0.457	0.231	0.063	0.063	0.395	0.068	0.310	0.217	0.217	0.457	0.00%
0.491	0.245	0.064	0.064	0.426	0.073	0.330	0.231	0.231	0.491	0.00%
0.457	0.231	0.063	0.063	0.395	0.068	0.310	0.217	0.217	0.457	0.00%
0.385	0.210	0.060	0.060	0.326	0.056	0.280	0.196	0.196	0.385	0.00%
0.280	0.175	0.054	0.054	0.226	0.039	0.230	0.161	0.161	0.280	0.00%
0.199	0.147	0.050	0.050	0.149	0.026	0.190	0.133	0.133	0.199	0.00%
0.146	0.126	0.046	0.046	0.100	0.017	0.150	0.105	0.112	0.146	0.00%
0.111	0.105	0.042	0.042	0.069	0.012	0.130	0.091	0.091	0.111	0.00%
0.082	0.084	0.038	0.038	0.045	0.008	0.100	0.070	0.070	0.082	0.00%
0.063	0.070	0.034	0.034	0.029	0.005	0.080	0.056	0.056	0.063	0.00%
0.049	0.056	0.031	0.031	0.018	0.003	0.060	0.042	0.042	0.049	0.00%
0.038	0.049	0.029	0.029	0.009	0.002	0.050	0.035	0.035	0.038	0.00%
0.031	0.035	0.024	0.027	0.007	0.001	0.040	0.028	0.021	0.033	0.23%
0.026	0.028	0.022	0.021	0.004	0.001	0.030	0.021	0.014	0.025	-0.06%

**Tabla 13.22**

*Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.27m, a=0.22m).*

Hidrograma	
Tiempo	Caudal que ingresa al interceptor
h	m3/s
0.00	0.0118
0.34	0.0344
0.67	0.0462
1.01	0.0576
1.34	0.0626
1.68	0.0644
2.01	0.0626

2.35	0.0596
2.68	0.0544
3.02	0.0499
3.36	0.0462
3.69	0.0421
4.03	0.0377
4.36	0.0344
4.70	0.0307
5.03	0.0287
5.37	0.0242
5.70	0.0216
6.04	0.0218
6.37	0.0190
6.71	0.0171
7.05	0.0166
7.38	0.0151
7.72	0.0132
8.05	0.0125
8.39	0.0118

**Tabla 13.23**

*Resultados de la evaluación del interceptor de en época lluviosa. (D=0.27m, a=0.22m)*

Tramo	S diseño	Diámetro teórico	Diámetro comercial	k4	Y/D	k1	Área	Vel.	Caudal 75%	Vel. 75%	Radio hidráulico	Esfuerzo cortante
	(m/m)	(m)	(m)				m2	m/s	m3/s	m/s	(m)	(N/m2)
1	0.063	0.105	0.270	0.0929	0.38	0.2739	0.020	3.23	0.20	4.28	0.0557	34.24
2	0.069	0.104	0.270	0.0886	0.37	0.2642	0.019	3.35	0.21	4.48	0.0545	36.89
3	0.035	0.118	0.270	0.1242	0.44	0.3328	0.024	2.66	0.15	3.20	0.0619	21.34
4	0.021	0.129	0.270	0.1601	0.51	0.4027	0.029	2.20	0.11	2.48	0.0683	14.17
5	0.044	0.113	0.270	0.1107	0.42	0.313	0.023	2.83	0.17	3.60	0.0599	26.08
6	0.077	0.102	0.270	0.0842	0.36	0.2546	0.019	3.48	0.22	4.73	0.0534	40.23
7	0.079	0.102	0.270	0.0830	0.36	0.2546	0.019	3.48	0.22	4.80	0.0534	41.46
8	0.077	0.102	0.270	0.0840	0.36	0.2546	0.019	3.48	0.22	4.75	0.0534	40.45
9	0.086	0.100	0.270	0.0796	0.35	0.245	0.018	3.62	0.23	5.01	0.0522	44.13
10	0.061	0.107	0.270	0.0949	0.38	0.2739	0.020	3.24	0.19	4.20	0.0557	33.09
11	0.073	0.103	0.270	0.0862	0.36	0.2546	0.019	3.48	0.21	4.63	0.0534	38.47
12	0.036	0.118	0.270	0.1232	0.44	0.3328	0.024	2.67	0.15	3.24	0.0619	21.88
13	0.036	0.118	0.270	0.1229	0.44	0.3328	0.024	2.67	0.15	3.25	0.0619	21.98
14	0.035	0.119	0.270	0.1244	0.44	0.3328	0.024	2.67	0.15	3.21	0.0619	21.47
15	0.183	0.087	0.270	0.0547	0.29	0.1891	0.014	4.70	0.34	7.30	0.0449	80.54
16	0.062	0.107	0.270	0.0942	0.38	0.2739	0.020	3.24	0.20	4.24	0.0557	33.67
17	0.120	0.095	0.270	0.0675	0.32	0.2167	0.016	4.10	0.27	5.92	0.0487	57.36

18	0.117	0.095	0.270	0.0685	0.32	0.2167	0.016	4.10	0.27	5.84	0.0487	55.80
19	0.142	0.092	0.270	0.0622	0.31	0.2074	0.015	4.29	0.30	6.43	0.0474	65.89
20	0.209	0.085	0.270	0.0513	0.28	0.18	0.013	4.94	0.36	7.80	0.0436	89.22
21	0.220	0.085	0.270	0.0500	0.28	0.18	0.013	4.94	0.37	8.01	0.0436	93.97
22	0.214	0.085	0.270	0.0507	0.28	0.18	0.013	4.94	0.36	7.90	0.0436	91.40
23	0.157	0.090	0.270	0.0592	0.3	0.1982	0.014	4.49	0.31	6.76	0.0462	70.93
24	0.200	0.086	0.270	0.0524	0.28	0.18	0.013	4.95	0.35	7.64	0.0436	85.60
25	0.168	0.089	0.270	0.0572	0.29	0.1891	0.014	4.71	0.32	7.00	0.0449	74.01
26	0.201	0.086	0.270	0.0523	0.28	0.18	0.013	4.95	0.35	7.66	0.0436	86.00
27	0.189	0.087	0.270	0.0540	0.29	0.1891	0.014	4.71	0.34	7.42	0.0449	83.17
28	0.192	0.087	0.270	0.0536	0.29	0.1891	0.014	4.71	0.34	7.48	0.0449	84.40
29	0.236	0.084	0.270	0.0483	0.27	0.1711	0.012	5.21	0.38	8.29	0.0423	97.80
30	0.233	0.084	0.270	0.0486	0.27	0.1711	0.012	5.21	0.38	8.24	0.0423	96.47
31	0.200	0.086	0.270	0.0525	0.28	0.18	0.013	4.95	0.35	7.64	0.0436	85.56
32	0.084	0.102	0.270	0.0810	0.35	0.245	0.018	3.64	0.23	4.95	0.0522	42.99
33	0.216	0.086	0.270	0.0507	0.28	0.18	0.013	4.97	0.37	7.94	0.0436	92.33
34	0.054	0.112	0.270	0.1017	0.4	0.2934	0.021	3.05	0.18	3.96	0.0578	30.53
35	0.113	0.098	0.270	0.0702	0.33	0.226	0.016	3.96	0.26	5.74	0.0499	55.20
36	0.217	0.087	0.270	0.0508	0.28	0.18	0.013	4.99	0.37	7.95	0.0436	92.66
37	0.443	0.076	0.270	0.0355	0.23	0.1365	0.010	6.58	0.52	11.37	0.0368	160.06
38	0.099	0.101	0.270	0.0750	0.34	0.2355	0.017	3.81	0.25	5.39	0.0511	49.83
39	0.233	0.086	0.270	0.0490	0.27	0.1711	0.012	5.25	0.38	8.25	0.0423	96.73
40	0.167	0.092	0.270	0.0579	0.3	0.1982	0.014	4.53	0.32	6.97	0.0462	75.50
41	0.230	0.086	0.270	0.0494	0.27	0.1711	0.012	5.25	0.38	8.19	0.0423	95.24
42	0.202	0.089	0.270	0.0527	0.28	0.18	0.013	5.00	0.35	7.67	0.0436	86.22
43	0.144	0.094	0.270	0.0624	0.31	0.2074	0.015	4.34	0.30	6.48	0.0474	66.90
44	0.097	0.102	0.270	0.0759	0.34	0.2355	0.017	3.82	0.25	5.33	0.0511	48.84
45	0.042	0.119	0.270	0.1162	0.43	0.3229	0.024	2.79	0.16	3.48	0.0610	24.84
46	0.037	0.122	0.270	0.1226	0.44	0.3328	0.024	2.70	0.15	3.30	0.0619	22.69
47	0.032	0.125	0.270	0.1323	0.46	0.3527	0.026	2.55	0.14	3.06	0.0639	20.11
48	0.042	0.119	0.270	0.1161	0.43	0.3229	0.024	2.79	0.16	3.48	0.0610	24.89
49	0.008	0.161	0.270	0.2604	0.7	0.5872	0.043	1.53	0.07	1.55	0.0800	6.50
50	0.008	0.169	0.270	0.2769	0.74	0.6231	0.045	1.49	0.07	1.50	0.0812	6.18
51	0.008	0.169	0.270	0.2759	0.74	0.6231	0.045	1.49	0.07	1.51	0.0812	6.23
52	0.009	0.166	0.270	0.2599	0.7	0.5872	0.043	1.58	0.07	1.60	0.0800	6.92
53	0.008	0.170	0.270	0.2806	0.75	0.6319	0.046	1.47	0.07	1.49	0.0815	6.06
54	0.008	0.167	0.270	0.2670	0.72	0.6054	0.044	1.53	0.07	1.56	0.0807	6.62
55	0.008	0.170	0.270	0.2783	0.74	0.6231	0.045	1.49	0.07	1.50	0.0812	6.14
56	0.008	0.170	0.270	0.2796	0.74	0.6231	0.045	1.49	0.07	1.49	0.0812	6.09
57	0.008	0.170	0.270	0.2735	0.73	0.6143	0.045	1.51	0.07	1.53	0.0810	6.36
58	0.008	0.170	0.270	0.2738	0.73	0.6143	0.045	1.51	0.07	1.53	0.0810	6.35
59	0.008	0.170	0.270	0.2739	0.73	0.6143	0.045	1.51	0.07	1.53	0.0810	6.35
60	0.008	0.170	0.270	0.2739	0.73	0.6143	0.045	1.51	0.07	1.53	0.0810	6.35
61	0.008	0.174	0.270	0.2793	0.74	0.6231	0.045	1.52	0.07	1.53	0.0812	6.37
62	0.008	0.174	0.270	0.2794	0.74	0.6231	0.045	1.52	0.07	1.53	0.0812	6.37
63	0.008	0.174	0.270	0.2798	0.75	0.6319	0.046	1.50	0.07	1.53	0.0815	6.39
64	0.008	0.174	0.270	0.2799	0.75	0.6319	0.046	1.50	0.07	1.53	0.0815	6.39

65	0.008	0.174	0.270	0.2800	0.75	0.6319	0.046	1.50	0.07	1.53	0.0815	6.39
----	-------	-------	-------	--------	------	--------	-------	------	------	------	--------	------

**Tabla 13.24**

Proceso iterativo para la determinación del caudal de ingreso a través del orificio hacia el interceptor. ( $D=0.27m$ ,  $a=0.135m$ )

Caudal combinado	h	Qo	Qo *	Qe	K4	Y/D	Y	H*	Qt	Error
m3/s	m	m3/s	m3/s	m3/s			m	m	m3/s	
0.060	0.129	0.027	0.027	0.033	0.006	0.090	0.063	0.063	0.060	0.00%
0.160	0.185	0.032	0.033	0.128	0.022	0.180	0.126	0.119	0.161	0.06%
0.328	0.255	0.038	0.038	0.290	0.050	0.270	0.189	0.189	0.328	0.00%
0.457	0.290	0.040	0.040	0.417	0.072	0.320	0.224	0.224	0.457	0.00%
0.491	0.297	0.041	0.041	0.450	0.077	0.330	0.231	0.231	0.491	0.00%
0.457	0.290	0.040	0.040	0.417	0.072	0.320	0.224	0.224	0.457	0.00%
0.385	0.269	0.039	0.039	0.347	0.060	0.290	0.203	0.203	0.385	0.00%
0.280	0.234	0.036	0.036	0.244	0.042	0.240	0.168	0.168	0.280	0.00%
0.199	0.206	0.034	0.034	0.165	0.028	0.200	0.140	0.140	0.199	0.00%
0.146	0.185	0.032	0.032	0.114	0.020	0.160	0.112	0.119	0.146	0.00%
0.111	0.164	0.030	0.030	0.081	0.014	0.140	0.098	0.098	0.111	0.00%
0.082	0.143	0.028	0.028	0.054	0.009	0.110	0.077	0.077	0.082	0.00%
0.063	0.129	0.027	0.027	0.036	0.006	0.090	0.063	0.063	0.063	0.00%
0.049	0.115	0.025	0.025	0.023	0.004	0.070	0.049	0.049	0.049	0.00%
0.038	0.108	0.025	0.025	0.014	0.002	0.060	0.042	0.042	0.038	0.00%
0.031	0.101	0.024	0.024	0.007	0.001	0.040	0.028	0.035	0.031	0.00%
0.026	0.087	0.022	0.022	0.004	0.001	0.030	0.021	0.021	0.026	0.00%

**Tabla 13.25**

Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia ( $D=0.27m$ ,  $a=0.135m$ )

Hidrograma	
Tiempo	Caudal que ingresa al colector
h	m3/s
0.00	0.0118
0.34	0.0268
0.67	0.0321
1.01	0.0377

1.34	0.0402
1.68	0.0407
2.01	0.0402
2.35	0.0387
2.68	0.0361
3.02	0.0339
3.36	0.0321
3.69	0.0303
4.03	0.0283
4.36	0.0268
4.70	0.0253
5.03	0.0246
5.37	0.0238
5.70	0.0221
6.04	0.0218
6.37	0.0190
6.71	0.0171
7.05	0.0166
7.38	0.0151
7.72	0.0132
8.05	0.0125
8.39	0.0118

**Tabla 13.26**

*Resultados de la evaluación del interceptor de en época lluviosa. (D=0.27m, a=0.135m)*

Tramo	S diseño	Diámetro teórico	Diámetro comercial	k4	Y/D	k1	Área	Vel.	Caudal 75%	Vel. 75%	Radio hidráulico	Esfuerzo cortante
	(m/m)	(m)	(m)				m2	m/s	m3/s	m/s	(m)	(N/m2)
1	0.063	0.105	0.270	0.0587	0.3	0.1982	0.014	2.82	0.20	4.28	0.0462	28.39
2	0.069	0.104	0.270	0.0560	0.29	0.1891	0.014	2.95	0.21	4.48	0.0449	30.36
3	0.035	0.118	0.270	0.0785	0.35	0.245	0.018	2.28	0.15	3.20	0.0522	18.00
4	0.021	0.129	0.270	0.1012	0.4	0.2934	0.021	1.90	0.11	2.48	0.0578	12.00
5	0.044	0.113	0.270	0.0700	0.33	0.226	0.016	2.48	0.17	3.60	0.0499	21.70
6	0.077	0.102	0.270	0.0532	0.28	0.18	0.013	3.11	0.22	4.73	0.0436	32.82
7	0.079	0.102	0.270	0.0525	0.28	0.18	0.013	3.12	0.22	4.80	0.0436	33.83
8	0.077	0.102	0.270	0.0532	0.28	0.18	0.013	3.12	0.22	4.75	0.0436	33.01
9	0.086	0.100	0.270	0.0504	0.28	0.18	0.013	3.12	0.23	5.01	0.0436	36.81
10	0.061	0.107	0.270	0.0601	0.3	0.1982	0.014	2.83	0.19	4.20	0.0462	27.44
11	0.073	0.103	0.270	0.0546	0.29	0.1891	0.014	2.97	0.21	4.63	0.0449	32.33
12	0.036	0.118	0.270	0.0781	0.35	0.245	0.018	2.30	0.15	3.24	0.0522	18.45
13	0.036	0.118	0.270	0.0779	0.35	0.245	0.018	2.30	0.15	3.25	0.0522	18.54

14	0.035	0.119	0.270	0.0788	0.35	0.245	0.018	2.30	0.15	3.21	0.0522	18.11
15	0.183	0.087	0.270	0.0347	0.23	0.1365	0.010	4.12	0.34	7.30	0.0368	66.10
16	0.062	0.107	0.270	0.0597	0.3	0.1982	0.014	2.84	0.20	4.24	0.0462	27.92
17	0.120	0.095	0.270	0.0428	0.26	0.1623	0.012	3.47	0.27	5.92	0.0410	48.27
18	0.117	0.095	0.270	0.0434	0.26	0.1623	0.012	3.47	0.27	5.84	0.0410	46.97
19	0.142	0.092	0.270	0.0395	0.25	0.1554	0.011	3.63	0.30	6.43	0.0401	55.68
20	0.209	0.085	0.270	0.0325	0.22	0.1281	0.009	4.41	0.36	7.80	0.0354	72.52
21	0.220	0.085	0.270	0.0317	0.22	0.1281	0.009	4.41	0.37	8.01	0.0354	76.38
22	0.214	0.085	0.270	0.0322	0.22	0.1281	0.009	4.41	0.36	7.90	0.0354	74.29
23	0.157	0.090	0.270	0.0376	0.24	0.145	0.011	3.90	0.31	6.76	0.0382	58.75
24	0.200	0.086	0.270	0.0333	0.23	0.1365	0.010	4.14	0.35	7.64	0.0368	72.36
25	0.168	0.089	0.270	0.0363	0.24	0.145	0.011	3.90	0.32	7.00	0.0382	63.04
26	0.201	0.086	0.270	0.0332	0.23	0.1365	0.010	4.14	0.35	7.66	0.0368	72.70
27	0.189	0.087	0.270	0.0343	0.23	0.1365	0.010	4.14	0.34	7.42	0.0368	68.25
28	0.192	0.087	0.270	0.0340	0.23	0.1365	0.010	4.14	0.34	7.48	0.0368	69.27
29	0.236	0.084	0.270	0.0307	0.22	0.1281	0.009	4.41	0.38	8.29	0.0354	81.95
30	0.233	0.084	0.270	0.0309	0.22	0.1281	0.009	4.42	0.38	8.24	0.0354	80.84
31	0.200	0.086	0.270	0.0333	0.23	0.1365	0.010	4.14	0.35	7.64	0.0368	72.33
32	0.084	0.102	0.270	0.0514	0.28	0.18	0.013	3.14	0.23	4.95	0.0436	35.85
33	0.216	0.086	0.270	0.0323	0.22	0.1281	0.009	4.45	0.37	7.94	0.0354	75.05
34	0.054	0.112	0.270	0.0647	0.31	0.2074	0.015	2.75	0.18	3.96	0.0474	25.02
35	0.113	0.098	0.270	0.0447	0.26	0.1623	0.012	3.51	0.26	5.74	0.0410	45.34
36	0.217	0.087	0.270	0.0324	0.22	0.1281	0.009	4.47	0.37	7.95	0.0354	75.32
37	0.443	0.076	0.270	0.0227	0.19	0.1039	0.008	5.51	0.52	11.37	0.0311	135.11
38	0.099	0.101	0.270	0.0478	0.27	0.1711	0.012	3.35	0.25	5.39	0.0423	41.25
39	0.233	0.086	0.270	0.0312	0.22	0.1281	0.009	4.47	0.38	8.25	0.0354	81.05
40	0.167	0.092	0.270	0.0369	0.24	0.145	0.011	3.95	0.32	6.97	0.0382	62.54
41	0.230	0.086	0.270	0.0315	0.22	0.1281	0.009	4.47	0.38	8.19	0.0354	79.81
42	0.202	0.089	0.270	0.0337	0.23	0.1365	0.010	4.20	0.35	7.67	0.0368	72.88
43	0.144	0.094	0.270	0.0398	0.25	0.1554	0.011	3.69	0.30	6.48	0.0401	56.53
44	0.097	0.102	0.270	0.0484	0.27	0.1711	0.012	3.36	0.25	5.33	0.0423	40.43
45	0.042	0.119	0.270	0.0742	0.34	0.2355	0.017	2.44	0.16	3.48	0.0511	20.81
46	0.037	0.122	0.270	0.0783	0.35	0.245	0.018	2.34	0.15	3.30	0.0522	19.14
47	0.032	0.125	0.270	0.0844	0.36	0.2546	0.019	2.26	0.14	3.06	0.0534	16.81
48	0.042	0.119	0.270	0.0741	0.34	0.2355	0.017	2.44	0.16	3.48	0.0511	20.85
49	0.008	0.161	0.270	0.1663	0.52	0.4127	0.030	1.39	0.07	1.55	0.0692	5.62
50	0.008	0.169	0.270	0.1796	0.55	0.4426	0.032	1.36	0.07	1.50	0.0715	5.44
51	0.008	0.169	0.270	0.1790	0.55	0.4426	0.032	1.36	0.07	1.51	0.0715	5.48
52	0.009	0.166	0.270	0.1687	0.53	0.4227	0.031	1.42	0.07	1.60	0.0700	6.06
53	0.008	0.170	0.270	0.1822	0.55	0.4426	0.032	1.36	0.07	1.49	0.0715	5.32
54	0.008	0.167	0.270	0.1734	0.54	0.4327	0.032	1.39	0.07	1.56	0.0708	5.81
55	0.008	0.170	0.270	0.1807	0.55	0.4426	0.032	1.36	0.07	1.50	0.0715	5.41
56	0.008	0.170	0.270	0.1816	0.55	0.4426	0.032	1.36	0.07	1.49	0.0715	5.36
57	0.008	0.170	0.270	0.1778	0.55	0.4426	0.032	1.37	0.07	1.53	0.0715	5.62
58	0.008	0.170	0.270	0.1780	0.55	0.4426	0.032	1.37	0.07	1.53	0.0715	5.61
59	0.008	0.170	0.270	0.1781	0.55	0.4426	0.032	1.37	0.07	1.53	0.0715	5.61
60	0.008	0.170	0.270	0.1781	0.55	0.4426	0.032	1.37	0.07	1.53	0.0715	5.61

61	0.008	0.174	0.270	0.1835	0.56	0.4526	0.033	1.38	0.07	1.53	0.0723	5.67
62	0.008	0.174	0.270	0.1836	0.56	0.4526	0.033	1.38	0.07	1.53	0.0723	5.67
63	0.008	0.174	0.270	0.1840	0.56	0.4526	0.033	1.38	0.07	1.53	0.0723	5.67
64	0.008	0.174	0.270	0.1841	0.56	0.4526	0.033	1.38	0.07	1.53	0.0723	5.67
65	0.008	0.174	0.270	0.1842	0.56	0.4526	0.033	1.38	0.07	1.53	0.0723	5.67

### 13.5.3. Diámetro de 300mm

**Tabla 13.27**

*Proceso iterativo para la determinación del caudal de ingreso a través del orificio hacia el interceptor. (D=0.3m)*

Caudal combinado	h	Qo	Qo *	Qe	K4	Y/D	Y	H*	Qt	Error
m3/s	m	m3/s	m3/s	m3/s			m	m	m3/s	
0.060	0.020	0.026	0.026	0.034	0.006	0.090	0.063	0.056	0.060	-0.001%
0.160	0.076	0.051	0.051	0.109	0.019	0.160	0.112	0.112	0.160	0.00%
0.328	0.139	0.069	0.069	0.259	0.045	0.250	0.175	0.175	0.328	0.00%
0.457	0.181	0.078	0.078	0.379	0.065	0.310	0.217	0.217	0.457	0.00%
0.491	0.188	0.080	0.080	0.411	0.071	0.320	0.224	0.224	0.491	0.00%
0.457	0.181	0.078	0.078	0.379	0.065	0.310	0.217	0.217	0.457	0.00%
0.385	0.160	0.074	0.074	0.312	0.054	0.280	0.196	0.196	0.385	0.00%
0.280	0.125	0.065	0.065	0.215	0.037	0.230	0.161	0.161	0.280	0.00%
0.199	0.090	0.055	0.057	0.143	0.025	0.190	0.133	0.126	0.201	0.21%
0.146	0.069	0.048	0.048	0.097	0.017	0.150	0.105	0.105	0.146	0.00%
0.111	0.055	0.043	0.043	0.068	0.012	0.130	0.091	0.091	0.111	0.00%
0.082	0.041	0.037	0.037	0.045	0.008	0.100	0.070	0.077	0.082	0.00%
0.063	0.027	0.030	0.030	0.033	0.006	0.090	0.063	0.063	0.063	0.00%
0.049	0.013	0.021	0.021	0.028	0.005	0.080	0.056	0.049	0.049	0.00%
0.038	0.013	0.021	0.021	0.02	0.00	0.06	0.042	0.049	0.04	0.00
0.031	0.006	0.014	0.01	0.02	0.00	0.06	0.04	0.04	0.03	0.00
0.026	0.006	0.014	0.01	0.01	0.00	0.05	0.04	0.04	0.03	0.00
0.022	0.006	0.014	0.01	0.01	0.00	0.04	0.03	0.04	0.02	0.00
0.019	0.006	0.014	0.01	0.00	0.00	0.03	0.02	0.04	0.02	0.00
0.017	0.006	0.014	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.04	0.02	0.00
0.017	0.006	0.014	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.04	0.02	0.00

**Tabla 13.28**

*Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.3m).*

Hidrograma

Tiempo	Caudal que ingresa al colector
h	m3/s
0.00	0.0118
0.34	0.0261
0.67	0.0508
1.01	0.0687
1.34	0.0784
1.68	0.0799
2.01	0.0784
2.35	0.0737
2.68	0.0652
3.02	0.0553
3.36	0.0484
3.69	0.0432
4.03	0.0373
4.36	0.0303
4.70	0.0210
5.03	0.0210
5.37	0.0143
5.70	0.0143
6.04	0.0143
6.37	0.0143
6.71	0.0143
7.05	0.0143
7.38	0.0143
7.72	0.0132
8.05	0.0125
8.39	0.0118

**Tabla 13.29**

*Resultados de la evaluación del interceptor de diámetro de 0.3m en época lluviosa.*

Tramo	S diseño	Diámetro comercial	k4	Y/D	k1	Área	Vel.	Caudal 75%	Vel. 75%	Radio hidráulico	Esfuerzo cortante
	(m/m)	(m)				m2	m/s	m3/s	m/s	(m)	(N/m2)
1	0.063	0.300	0.0871	0.37	0.2642	0.024	3.36	0.26	4.59	0.0606	37.28
2	0.069	0.300	0.0830	0.36	0.2546	0.023	3.49	0.27	4.81	0.0593	40.14
3	0.035	0.300	0.1163	0.43	0.3229	0.029	2.75	0.20	3.43	0.0677	23.33
4	0.021	0.300	0.1500	0.49	0.3827	0.034	2.32	0.15	2.66	0.0740	15.35

5	0.044	0.300	0.1036	0.4	0.2934	0.026	3.03	0.22	3.86	0.0643	27.97
6	0.077	0.300	0.0788	0.35	0.245	0.022	3.63	0.29	5.08	0.0581	43.72
7	0.079	0.300	0.0777	0.35	0.245	0.022	3.63	0.29	5.15	0.0581	45.06
8	0.077	0.300	0.0787	0.35	0.245	0.022	3.63	0.29	5.09	0.0581	43.97
9	0.086	0.300	0.0745	0.34	0.2355	0.021	3.78	0.31	5.38	0.0567	47.93
10	0.061	0.300	0.0888	0.37	0.2642	0.024	3.37	0.26	4.51	0.0606	36.02
11	0.073	0.300	0.0807	0.35	0.245	0.022	3.64	0.28	4.97	0.0581	41.82
12	0.036	0.300	0.1153	0.43	0.3229	0.029	2.76	0.20	3.48	0.0677	23.92
13	0.036	0.300	0.1150	0.43	0.3229	0.029	2.76	0.20	3.48	0.0677	24.03
14	0.035	0.300	0.1164	0.43	0.3229	0.029	2.76	0.20	3.44	0.0677	23.48
15	0.183	0.300	0.0512	0.28	0.18	0.016	4.95	0.45	7.84	0.0484	86.88
16	0.062	0.300	0.0882	0.37	0.2642	0.024	3.38	0.26	4.55	0.0606	36.66
17	0.120	0.300	0.0632	0.31	0.2074	0.019	4.30	0.36	6.35	0.0527	62.11
18	0.117	0.300	0.0641	0.31	0.2074	0.019	4.30	0.36	6.27	0.0527	60.42
19	0.142	0.300	0.0582	0.3	0.1982	0.018	4.50	0.39	6.90	0.0513	71.27
20	0.209	0.300	0.0480	0.27	0.1711	0.015	5.22	0.48	8.37	0.0470	96.16
21	0.220	0.300	0.0467	0.27	0.1711	0.015	5.22	0.49	8.59	0.0470	101.28
22	0.214	0.300	0.0474	0.27	0.1711	0.015	5.22	0.48	8.47	0.0470	98.51
23	0.157	0.300	0.0554	0.29	0.1891	0.017	4.72	0.41	7.25	0.0499	76.64
24	0.200	0.300	0.0490	0.27	0.1711	0.015	5.22	0.47	8.20	0.0470	92.26
25	0.168	0.300	0.0535	0.29	0.1891	0.017	4.72	0.43	7.51	0.0499	82.24
26	0.201	0.300	0.0489	0.27	0.1711	0.015	5.22	0.47	8.22	0.0470	92.70
27	0.189	0.300	0.0505	0.28	0.18	0.016	4.96	0.45	7.96	0.0484	89.71
28	0.192	0.300	0.0501	0.28	0.18	0.016	4.96	0.46	8.02	0.0484	91.04
29	0.236	0.300	0.0452	0.26	0.1623	0.015	5.51	0.51	8.90	0.0455	105.27
30	0.233	0.300	0.0455	0.26	0.1623	0.015	5.51	0.50	8.84	0.0455	103.84
31	0.200	0.300	0.0491	0.27	0.1711	0.015	5.22	0.47	8.20	0.0470	92.22
32	0.084	0.300	0.0758	0.34	0.2355	0.021	3.80	0.30	5.31	0.0567	46.68
33	0.216	0.300	0.0474	0.27	0.1711	0.015	5.24	0.48	8.52	0.0470	99.52
34	0.054	0.300	0.0950	0.38	0.2739	0.025	3.28	0.24	4.25	0.0619	32.64
35	0.113	0.300	0.0656	0.32	0.2167	0.020	4.14	0.35	6.16	0.0541	59.85
36	0.217	0.300	0.0474	0.27	0.1711	0.015	5.26	0.49	8.53	0.0470	99.87
37	0.443	0.300	0.0332	0.23	0.1365	0.012	6.59	0.69	12.19	0.0409	177.84
38	0.099	0.300	0.0700	0.33	0.226	0.020	3.98	0.33	5.78	0.0554	54.05
39	0.233	0.300	0.0457	0.26	0.1623	0.015	5.54	0.50	8.85	0.0455	104.11
40	0.167	0.300	0.0541	0.29	0.1891	0.017	4.76	0.43	7.48	0.0499	81.58
41	0.230	0.300	0.0461	0.27	0.1711	0.015	5.26	0.50	8.78	0.0470	105.82
42	0.202	0.300	0.0492	0.27	0.1711	0.015	5.26	0.47	8.23	0.0470	92.92
43	0.144	0.300	0.0583	0.3	0.1982	0.018	4.54	0.40	6.95	0.0513	72.37
44	0.097	0.300	0.0708	0.33	0.226	0.020	3.99	0.33	5.72	0.0554	52.98
45	0.042	0.300	0.1085	0.41	0.3032	0.027	2.97	0.21	3.73	0.0654	26.67
46	0.037	0.300	0.1144	0.42	0.313	0.028	2.88	0.20	3.54	0.0666	24.39
47	0.032	0.300	0.1235	0.44	0.3328	0.030	2.71	0.19	3.28	0.0688	21.66
48	0.042	0.300	0.1084	0.41	0.3032	0.027	2.97	0.21	3.74	0.0654	26.72
49	0.008	0.300	0.2431	0.67	0.5594	0.050	1.61	0.09	1.67	0.0875	7.11

50	0.008	0.300	0.2570	0.7	0.5872	0.053	1.57	0.09	1.61	0.0889	6.76
51	0.008	0.300	0.2561	0.7	0.5872	0.053	1.57	0.09	1.62	0.0889	6.81
52	0.014	0.300	0.1941	0.58	0.4724	0.043	1.95	0.12	2.14	0.0818	10.95
53	0.008	0.300	0.2604	0.7	0.5872	0.053	1.57	0.09	1.60	0.0889	6.61
54	0.008	0.300	0.2478	0.68	0.5687	0.051	1.62	0.10	1.68	0.0880	7.23
55	0.008	0.300	0.2583	0.7	0.5872	0.053	1.57	0.09	1.61	0.0889	6.72
56	0.008	0.300	0.2595	0.7	0.5872	0.053	1.57	0.09	1.60	0.0889	6.66
57	0.008	0.300	0.2537	0.69	0.578	0.052	1.60	0.09	1.64	0.0884	6.95
58	0.007	0.300	0.2672	0.72	0.6054	0.054	1.53	0.09	1.56	0.0896	6.36
59	0.008	0.300	0.2540	0.69	0.578	0.052	1.60	0.09	1.64	0.0884	6.94
60	0.008	0.300	0.2541	0.69	0.578	0.052	1.60	0.09	1.64	0.0884	6.94
61	0.008	0.300	0.2582	0.7	0.5872	0.053	1.60	0.09	1.64	0.0889	6.97
62	0.008	0.300	0.2582	0.7	0.5872	0.053	1.60	0.09	1.64	0.0889	6.97
63	0.008	0.300	0.2585	0.7	0.5872	0.053	1.60	0.09	1.64	0.0889	6.97
64	0.008	0.300	0.2586	0.7	0.5872	0.053	1.60	0.09	1.64	0.0889	6.97
65	0.008	0.300	0.2586	0.7	0.5872	0.053	1.61	0.09	1.64	0.0889	6.97

**Tabla 13.30**

*Proceso iterativo para la determinación del caudal de ingreso a través del orificio hacia el interceptor. (D=0.3m, a=0.15m)*

Caudal combinado	h	Qo	Qo *	Qe	K4	Y/D	Y	H*	Qt	Error
							m	m		
m3/s	m	m3/s	m3/s	m3/s			m	m	m3/s	
0.060	0.113	0.031	0.031	0.029	0.005	0.080	0.056	0.056	0.060	0.00%
0.160	0.176	0.039	0.039	0.122	0.021	0.170	0.119	0.119	0.160	0.00%
0.328	0.239	0.045	0.045	0.283	0.049	0.260	0.182	0.182	0.328	0.00%
0.457	0.281	0.049	0.049	0.408	0.070	0.320	0.224	0.224	0.457	0.00%
0.491	0.288	0.049	0.049	0.441	0.076	0.330	0.231	0.231	0.491	0.00%
0.457	0.281	0.049	0.049	0.408	0.070	0.320	0.224	0.224	0.457	0.00%
0.385	0.260	0.047	0.047	0.338	0.058	0.290	0.203	0.203	0.385	0.00%
0.280	0.225	0.044	0.044	0.236	0.041	0.240	0.168	0.168	0.280	0.00%
0.199	0.190	0.040	0.040	0.158	0.027	0.190	0.133	0.133	0.199	0.00%
0.146	0.169	0.038	0.038	0.108	0.019	0.160	0.112	0.112	0.146	0.00%
0.111	0.148	0.035	0.035	0.075	0.013	0.130	0.091	0.091	0.111	0.00%
0.082	0.127	0.033	0.033	0.049	0.008	0.110	0.077	0.070	0.082	0.00%
0.063	0.113	0.031	0.031	0.032	0.006	0.090	0.063	0.056	0.063	0.00%
0.049	0.099	0.029	0.029	0.020	0.003	0.070	0.049	0.042	0.049	0.00%
0.038	0.085	0.027	0.027	0.011	0.002	0.050	0.035	0.028	0.038	0.00%
0.031	0.071	0.025	0.025	0.006	0.001	0.040	0.028	0.014	0.031	0.00%
0.026	0.071	0.025	0.022	0.001	0.000	0.010	0.007	0.014	0.023	-0.26%

**Tabla 13.31**

*Hidrograma del caudal de ingreso al interceptor durante el evento de lluvia (D=0.3m, a=0.15m)*

<b>Hidrograma</b>	
<b>Tiempo</b>	<b>Caudal que ingresa al colector</b>
<b>h</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>
0.00	0.0118
0.34	0.0310
0.67	0.0387
1.01	0.0451
1.34	0.0489
1.68	0.0495
2.01	0.0489
2.35	0.0470
2.68	0.0437
3.02	0.0402
3.36	0.0379
3.69	0.0355
4.03	0.0328
4.36	0.0310
4.70	0.0290
5.03	0.0269
5.37	0.0246
5.70	0.0246
6.04	0.0218
6.37	0.0190
6.71	0.0171
7.05	0.0166
7.38	0.0151
7.72	0.0132
8.05	0.0125
8.39	0.0118

**Tabla 13.32**

*Resultados de la evaluación del interceptor de en época lluviosa. (D=0.3m, a=0.15m)*

<b>Tramo</b>	<b>S diseño</b>	<b>Diámetro teórico</b>	<b>Diámetro comercial</b>	<b>k4</b>	<b>Y/D</b>	<b>k1</b>	<b>Área</b>	<b>Vel.</b>	<b>Caudal 75%</b>	<b>Vel. 75%</b>	<b>Esfuerzo cortante</b>
--------------	-----------------	-------------------------	---------------------------	-----------	------------	-----------	-------------	-------------	-------------------	-----------------	--------------------------

	(m/m)	(m)	(m)				m2	m/s	m3/s	m/s	(N/m2)
1	0.063	0.105	0.300	0.0539	0.29	0.1891	0.017	2.91	0.26	4.59	30.68
2	0.069	0.104	0.300	0.0514	0.28	0.18	0.016	3.05	0.27	4.81	32.75
3	0.035	0.118	0.300	0.0720	0.33	0.226	0.020	2.43	0.20	3.43	19.08
4	0.021	0.129	0.300	0.0928	0.38	0.2739	0.025	2.01	0.15	2.66	12.83
5	0.044	0.113	0.300	0.0642	0.31	0.2074	0.019	2.66	0.22	3.86	22.93
6	0.077	0.102	0.300	0.0488	0.27	0.1711	0.015	3.22	0.29	5.08	35.37
7	0.079	0.102	0.300	0.0482	0.27	0.1711	0.015	3.23	0.29	5.15	36.46
8	0.077	0.102	0.300	0.0488	0.27	0.1711	0.015	3.23	0.29	5.09	35.57
9	0.086	0.100	0.300	0.0462	0.27	0.1711	0.015	3.23	0.31	5.38	39.68
10	0.061	0.107	0.300	0.0551	0.29	0.1891	0.017	2.92	0.26	4.51	29.64
11	0.073	0.103	0.300	0.0500	0.28	0.18	0.016	3.07	0.28	4.97	34.88
12	0.036	0.118	0.300	0.0715	0.33	0.226	0.020	2.45	0.20	3.48	19.56
13	0.036	0.118	0.300	0.0714	0.33	0.226	0.020	2.45	0.20	3.48	19.66
14	0.035	0.119	0.300	0.0722	0.33	0.226	0.020	2.45	0.20	3.44	19.20
15	0.183	0.087	0.300	0.0318	0.22	0.1281	0.012	4.32	0.45	7.84	70.62
16	0.062	0.107	0.300	0.0547	0.29	0.1891	0.017	2.93	0.26	4.55	30.17
17	0.120	0.095	0.300	0.0392	0.24	0.145	0.013	3.82	0.36	6.35	50.08
18	0.117	0.095	0.300	0.0398	0.25	0.1554	0.014	3.57	0.36	6.27	51.06
19	0.142	0.092	0.300	0.0361	0.23	0.1365	0.012	4.06	0.39	6.90	56.88
20	0.209	0.085	0.300	0.0298	0.21	0.1199	0.011	4.62	0.48	8.37	77.34
21	0.220	0.085	0.300	0.0290	0.21	0.1199	0.011	4.62	0.49	8.59	81.47
22	0.214	0.085	0.300	0.0294	0.21	0.1199	0.011	4.63	0.48	8.47	79.23
23	0.157	0.090	0.300	0.0344	0.23	0.1365	0.012	4.07	0.41	7.25	62.90
24	0.200	0.086	0.300	0.0304	0.22	0.1281	0.012	4.33	0.47	8.20	77.31
25	0.168	0.089	0.300	0.0332	0.23	0.1365	0.012	4.07	0.43	7.51	67.49
26	0.201	0.086	0.300	0.0304	0.22	0.1281	0.012	4.33	0.47	8.22	77.67
27	0.189	0.087	0.300	0.0314	0.22	0.1281	0.012	4.33	0.45	7.96	72.92
28	0.192	0.087	0.300	0.0311	0.22	0.1281	0.012	4.33	0.46	8.02	74.00
29	0.236	0.084	0.300	0.0281	0.21	0.1199	0.011	4.63	0.51	8.90	87.40
30	0.233	0.084	0.300	0.0283	0.21	0.1199	0.011	4.63	0.50	8.84	86.22
31	0.200	0.086	0.300	0.0305	0.22	0.1281	0.012	4.34	0.47	8.20	77.27
32	0.084	0.102	0.300	0.0471	0.27	0.1711	0.015	3.25	0.30	5.31	38.64
33	0.216	0.086	0.300	0.0295	0.21	0.1199	0.011	4.66	0.48	8.52	80.05
34	0.054	0.112	0.300	0.0592	0.3	0.1982	0.018	2.82	0.24	4.25	27.07
35	0.113	0.098	0.300	0.0409	0.25	0.1554	0.014	3.60	0.35	6.16	49.29
36	0.217	0.087	0.300	0.0296	0.21	0.1199	0.011	4.68	0.49	8.53	80.33
37	0.443	0.076	0.300	0.0207	0.18	0.0961	0.009	5.84	0.69	12.19	142.94
38	0.099	0.101	0.300	0.0437	0.26	0.1623	0.015	3.46	0.33	5.78	44.39
39	0.233	0.086	0.300	0.0285	0.21	0.1199	0.011	4.68	0.50	8.85	86.45
40	0.167	0.092	0.300	0.0337	0.23	0.1365	0.012	4.11	0.43	7.48	66.95
41	0.230	0.086	0.300	0.0288	0.21	0.1199	0.011	4.68	0.50	8.78	85.12
42	0.202	0.089	0.300	0.0307	0.22	0.1281	0.012	4.39	0.47	8.23	77.87

43	0.144	0.094	0.300	0.0364	0.24	0.145	0.013	3.88	0.40	6.95	59.94
44	0.097	0.102	0.300	0.0442	0.26	0.1623	0.015	3.46	0.33	5.72	43.52
45	0.042	0.119	0.300	0.0677	0.32	0.2167	0.020	2.60	0.21	3.73	22.03
46	0.037	0.122	0.300	0.0714	0.33	0.226	0.020	2.49	0.20	3.54	20.29
47	0.032	0.125	0.300	0.0771	0.34	0.2355	0.021	2.39	0.19	3.28	17.86
48	0.042	0.119	0.300	0.0677	0.32	0.2167	0.020	2.60	0.21	3.74	22.07
49	0.008	0.161	0.300	0.1518	0.5	0.3927	0.035	1.43	0.09	1.67	6.09
50	0.008	0.169	0.300	0.1627	0.52	0.4127	0.037	1.42	0.09	1.61	5.85
51	0.008	0.169	0.300	0.1622	0.52	0.4127	0.037	1.42	0.09	1.62	5.89
52	0.014	0.153	0.300	0.1229	0.44	0.3328	0.030	1.76	0.12	2.14	9.21
53	0.008	0.170	0.300	0.1650	0.52	0.4127	0.037	1.42	0.09	1.60	5.72
54	0.008	0.167	0.300	0.1570	0.51	0.4027	0.036	1.45	0.10	1.68	6.24
55	0.008	0.170	0.300	0.1637	0.52	0.4127	0.037	1.42	0.09	1.61	5.81
56	0.008	0.170	0.300	0.1644	0.52	0.4127	0.037	1.42	0.09	1.60	5.76
57	0.008	0.170	0.300	0.1609	0.51	0.4027	0.036	1.46	0.09	1.64	5.97
58	0.007	0.173	0.300	0.1695	0.53	0.4227	0.038	1.39	0.09	1.56	5.51
59	0.008	0.170	0.300	0.1612	0.51	0.4027	0.036	1.46	0.09	1.64	5.96
60	0.008	0.170	0.300	0.1612	0.52	0.4127	0.037	1.42	0.09	1.64	6.03
61	0.008	0.174	0.300	0.1653	0.52	0.4127	0.037	1.46	0.09	1.64	6.03
62	0.008	0.174	0.300	0.1653	0.52	0.4127	0.037	1.46	0.09	1.64	6.03
63	0.008	0.174	0.300	0.1656	0.52	0.4127	0.037	1.46	0.09	1.64	6.03
64	0.008	0.174	0.300	0.1657	0.52	0.4127	0.037	1.46	0.09	1.64	6.03
65	0.008	0.174	0.300	0.1658	0.52	0.4127	0.037	1.46	0.09	1.64	6.03

## 13.6. Simulación de evento de lluvia en el programa SWMM

### 13.6.1. Tubería de PVC (n=0.011)

#### 13.6.1.1. Tubería de diámetro de 200mm

**Tabla 13.33**

*Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (D=0.2m)*

Tramo	Caudal	Velocidad máxima	Q/Qmax	Y/D
	L/s	m/s		
1	41.53	2.97	0.43	0.46
2	41.54	3.08	0.41	0.44
3	41.55	2.39	0.57	0.54
4	41.55	1.96	0.74	0.64
5	41.63	2.61	0.51	0.51
6	41.67	3.2	0.39	0.43
7	41.74	3.24	0.38	0.43
8	41.75	3.21	0.39	0.43
9	41.75	3.34	0.37	0.42
10	41.76	2.94	0.44	0.46

11	41.77	3.16	0.4	0.44
12	41.83	2.42	0.57	0.54
13	41.84	2.42	0.57	0.54
14	41.85	2.4	0.57	0.54
15	41.87	4.43	0.25	0.34
16	41.89	2.96	0.43	0.46
17	41.92	3.79	0.31	0.38
18	41.93	3.75	0.32	0.39
19	41.94	4.03	0.29	0.37
20	41.96	4.65	0.23	0.33
21	41.97	4.74	0.23	0.32
22	41.99	4.7	0.23	0.33
23	42.01	4.18	0.27	0.36
24	42.02	4.58	0.24	0.33
25	42.02	4.29	0.26	0.35
26	42.03	4.59	0.24	0.33
27	42.03	4.48	0.25	0.34
28	42.04	4.51	0.25	0.34
29	42.04	4.88	0.22	0.32
30	42.05	4.85	0.22	0.32
31	42.06	4.58	0.24	0.33
32	42.07	3.32	0.37	0.42
33	42.36	4.73	0.23	0.33
34	42.39	2.82	0.47	0.48
35	42.4	3.71	0.32	0.39
36	42.55	4.74	0.23	0.33
37	42.56	6.31	0.16	0.27
38	42.57	3.55	0.35	0.41
39	42.58	4.87	0.22	0.32
40	42.59	4.3	0.27	0.35
41	42.61	4.84	0.23	0.32
42	42.66	4.62	0.24	0.34
43	42.66	4.07	0.29	0.37
44	42.67	3.52	0.35	0.41
45	42.68	2.56	0.54	0.52
46	42.69	2.46	0.57	0.54
47	42.69	2.32	0.61	0.57
48	42.7	2.57	0.54	0.52
49	35.27	1.28	1	1
50	34.15	1.24	1	1
51	34.15	1.24	1	0.82
52	34.23	1.32	0.94	0.77
53	33.75	1.22	1	1
54	33.76	1.28	0.95	0.78
55	33.77	1.23	0.99	0.81

56	33.79	1.23	1	0.82
57	33.91	1.26	0.98	0.8
58	33.93	1.26	0.98	0.8
59	33.94	1.26	0.98	0.8
60	33.96	1.26	0.98	0.8
61	34.67	1.26	1	1
62	34.67	1.26	1	1
63	34.67	1.26	1	1
64	34.68	1.26	1	1
65	34.69	1.26	1	0.82

**Tabla 13.34**

*Reporte de profundidad de los nodos. (D=0.2m)*

POZO	Prof. promedio del agua	Hora de mayor prof.	Prof. máxima del agua
	m		m
POZO1	0.14	1:41	0.16
POZO2	0.24	1:41	0.26
POZO3	0.24	1:41	0.26
POZO4	0.26	1:41	0.28
POZO5	0.27	1:41	0.3
POZO6	0.25	1:41	0.27
POZO7	0.24	1:41	0.26
POZO8	0.24	1:41	0.26
POZO9	0.24	1:41	0.26
POZO10	0.24	1:41	0.25
POZO11	0.25	1:41	0.26
POZO12	0.24	1:41	0.26
POZO13	0.26	1:41	0.28
POZO14	0.26	1:41	0.28
POZO15	0.26	1:41	0.28
POZO16	0.23	1:41	0.24
POZO17	0.25	1:41	0.26
POZO18	0.23	1:41	0.25
POZO19	0.23	1:41	0.25
POZO20	0.28	1:41	0.29
POZO21	0.27	1:41	0.29
POZO22	0.22	1:41	0.23
POZO23	0.22	1:41	0.24
POZO24	0.23	1:41	0.24
POZO25	0.23	1:41	0.24
POZO26	0.23	1:41	0.24
POZO27	0.23	1:41	0.24
POZO28	0.28	1:41	0.29

POZO29	0.28	1:41	0.29
POZO30	0.27	1:41	0.28
POZO31	0.27	1:41	0.28
POZO32	0.28	1:41	0.29
POZO33	0.29	1:41	0.3
POZO34	0.27	1:41	0.29
POZO35	0.3	1:41	0.32
POZO36	0.28	1:41	0.3
POZO37	0.27	1:41	0.29
POZO38	0.26	1:41	0.27
POZO39	0.29	1:41	0.3
POZO40	0.27	1:41	0.28
POZO41	0.28	1:41	0.29
POZO42	0.27	1:41	0.29
POZO43	0.28	1:41	0.29
POZO44	0.23	1:41	0.24
POZO45	0.24	1:41	0.25
POZO46	0.26	1:41	0.27
POZO47	0.26	1:41	0.28
POZO48	0.26	1:41	0.28
POZO49	1.13	0:50	2.78
POZO50	1.36	0:40	2.72
POZO51	0.33	0:40	0.37
POZO52	0.31	0:40	0.33
POZO53	1.87	0:38	3.76
POZO54	0.33	0:38	0.37
POZO55	0.31	0:38	0.33
POZO56	0.32	0:38	0.33
POZO57	0.22	0:38	0.23
POZO58	0.31	0:38	0.33
POZO59	0.31	0:38	0.33
POZO60	0.31	0:38	0.33
POZO61	1.76	0:36	3.33
POZO62	1.98	0:36	3.78
POZO63	2.17	0:36	4.16
POZO64	2.52	0:36	4.88
POZO65	0.34	0:36	0.37
POZO66	0.22	0:36	0.23

**Tabla 13.35**

Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. ( $D=0.2m$ ,  $a=0.1m$ )

Tramo	Caudal	Velocidad máxima	Q/Qmax	Y/D
	L/s	m/s		
1	32.45	2.78	0.33	0.4

2	32.46	2.88	0.32	0.39
3	32.47	2.25	0.45	0.47
4	32.48	1.86	0.58	0.54
5	32.56	2.45	0.4	0.44
6	32.6	3	0.3	0.38
7	32.67	3.04	0.3	0.37
8	32.67	3.01	0.3	0.38
9	32.68	3.13	0.29	0.37
10	32.68	2.75	0.34	0.4
11	32.69	2.95	0.31	0.38
12	32.75	2.27	0.45	0.47
13	32.76	2.28	0.44	0.47
14	32.78	2.26	0.45	0.47
15	32.79	4.13	0.2	0.3
16	32.81	2.77	0.34	0.4
17	32.85	3.54	0.24	0.34
18	32.86	3.51	0.25	0.34
19	32.87	3.76	0.22	0.32
20	32.89	4.34	0.18	0.29
21	32.89	4.43	0.18	0.29
22	32.91	4.38	0.18	0.29
23	32.94	3.91	0.21	0.31
24	32.94	4.28	0.19	0.29
25	32.95	4.01	0.21	0.31
26	32.95	4.28	0.19	0.29
27	32.96	4.19	0.19	0.3
28	32.96	4.21	0.19	0.3
29	32.97	4.55	0.17	0.28
30	32.98	4.53	0.17	0.28
31	32.99	4.28	0.19	0.29
32	33	3.11	0.29	0.37
33	33.29	4.41	0.18	0.29
34	33.31	2.65	0.37	0.42
35	33.33	3.48	0.26	0.34
36	33.48	4.42	0.18	0.29
37	33.49	5.89	0.12	0.24
38	33.49	3.32	0.27	0.36
39	33.5	4.55	0.18	0.28
40	33.52	4.02	0.21	0.31
41	33.54	4.53	0.18	0.29
42	33.58	4.31	0.19	0.3
43	33.59	3.8	0.23	0.32
44	33.6	3.3	0.28	0.36
45	33.61	2.41	0.43	0.46
46	33.61	2.32	0.45	0.47

47	33.62	2.19	0.48	0.49
48	33.63	2.42	0.43	0.46
49	33.63	1.28	0.95	0.78
50	34.15	1.24	1	1
51	34.15	1.24	1	0.82
52	34.23	1.32	0.94	0.77
53	33.75	1.22	1	1
54	33.76	1.28	0.95	0.78
55	33.77	1.23	0.99	0.81
56	33.79	1.23	1	0.82
57	33.91	1.26	0.98	0.8
58	33.93	1.26	0.98	0.8
59	33.94	1.26	0.98	0.8
60	33.96	1.26	0.98	0.8
61	34.67	1.26	1	1
62	34.67	1.26	1	1
63	34.67	1.26	1	1
64	34.68	1.26	1	1
65	34.69	1.26	1	0.82

### 13.6.1.2. Tubería de diámetro de 270 mm

**Tabla 13.36**

*Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (D=0.27m)*

Tramo	Caudal	Velocidad máxima	Q/Qmax	Y/D
	L/s	m/s		
1	67.86	3.34	0.31	0.38
2	67.87	3.46	0.3	0.37
3	67.88	2.7	0.42	0.45
4	67.88	2.23	0.54	0.52
5	67.96	2.94	0.37	0.42
6	68	3.6	0.28	0.36
7	68.07	3.64	0.28	0.36
8	68.08	3.61	0.28	0.36
9	68.09	3.76	0.27	0.35
10	68.09	3.3	0.32	0.39
11	68.1	3.54	0.29	0.37
12	68.16	2.73	0.42	0.45
13	68.17	2.73	0.42	0.45
14	68.18	2.71	0.42	0.45
15	68.2	4.95	0.18	0.29
16	68.22	3.33	0.32	0.39
17	68.26	4.24	0.23	0.32

18	68.26	4.2	0.23	0.33
19	68.27	4.51	0.21	0.31
20	68.3	5.2	0.17	0.28
21	68.3	5.3	0.17	0.28
22	68.32	5.25	0.17	0.28
23	68.34	4.68	0.2	0.3
24	68.35	5.12	0.18	0.28
25	68.35	4.8	0.19	0.3
26	68.36	5.13	0.17	0.28
27	68.36	5.01	0.18	0.29
28	68.37	5.04	0.18	0.29
29	68.38	5.44	0.16	0.27
30	68.39	5.42	0.16	0.27
31	68.4	5.12	0.18	0.28
32	68.4	3.72	0.27	0.36
33	68.69	5.28	0.17	0.28
34	68.72	3.17	0.34	0.4
35	68.73	4.16	0.24	0.33
36	68.88	5.29	0.17	0.28
37	68.9	7.04	0.11	0.23
38	68.9	3.97	0.25	0.34
39	68.91	5.43	0.16	0.27
40	68.92	4.8	0.19	0.3
41	68.94	5.4	0.16	0.27
42	68.99	5.15	0.18	0.28
43	68.99	4.54	0.21	0.31
44	69.01	3.95	0.26	0.34
45	69.02	2.89	0.39	0.44
46	69.02	2.77	0.41	0.45
47	69.02	2.63	0.45	0.47
48	69.03	2.89	0.39	0.43
49	69.04	1.55	0.88	0.73
50	70.96	1.51	0.93	0.77
51	70.96	1.51	0.93	0.76
52	71.04	1.6	0.88	0.73
53	71.06	1.49	0.95	0.78
54	71.07	1.56	0.9	0.74
55	71.08	1.5	0.94	0.77
56	71.1	1.5	0.94	0.77
57	71.22	1.53	0.92	0.76
58	71.24	1.53	0.92	0.76
59	71.25	1.53	0.92	0.76
60	71.27	1.53	0.92	0.76
61	72.61	1.53	0.94	0.77
62	72.62	1.53	0.94	0.77

63	72.72	1.53	0.94	0.77
64	72.75	1.53	0.94	0.77
65	72.76	1.53	0.94	0.77

**Tabla 13.37**

Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. ( $D=0.27m$ ,  $a=0.22m$ )

Tramo	Caudal	Velocidad máxima	Q/Qmax	Y/D
	L/s	m/s		
1	64.42	3.29	0.3	0.37
2	64.43	3.41	0.28	0.36
3	64.44	2.66	0.4	0.44
4	64.45	2.21	0.51	0.51
5	64.53	2.9	0.35	0.41
6	64.57	3.55	0.27	0.35
7	64.64	3.59	0.27	0.35
8	64.64	3.56	0.27	0.35
9	64.65	3.7	0.25	0.34
10	64.65	3.26	0.3	0.38
11	64.66	3.49	0.28	0.36
12	64.72	2.69	0.4	0.44
13	64.73	2.7	0.39	0.44
14	64.75	2.67	0.4	0.44
15	64.76	4.88	0.17	0.28
16	64.78	3.28	0.3	0.38
17	64.82	4.18	0.22	0.32
18	64.83	4.14	0.22	0.32
19	64.84	4.44	0.2	0.3
20	64.86	5.12	0.16	0.27
21	64.86	5.22	0.16	0.27
22	64.88	5.17	0.16	0.27
23	64.91	4.61	0.19	0.29
24	64.91	5.05	0.17	0.28
25	64.92	4.73	0.18	0.29
26	64.92	5.06	0.17	0.28
27	64.93	4.94	0.17	0.28
28	64.93	4.97	0.17	0.28
29	64.94	5.37	0.15	0.26
30	64.95	5.34	0.15	0.27
31	64.96	5.05	0.17	0.28
32	64.97	3.67	0.26	0.35
33	65.26	5.2	0.16	0.27
34	65.28	3.13	0.33	0.39
35	65.3	4.1	0.22	0.32

36	65.45	5.21	0.16	0.27
37	65.46	6.93	0.11	0.22
38	65.46	3.92	0.24	0.33
39	65.47	5.36	0.15	0.27
40	65.49	4.73	0.18	0.29
41	65.51	5.33	0.16	0.27
42	65.55	5.08	0.17	0.28
43	65.56	4.48	0.2	0.3
44	65.57	3.89	0.24	0.34
45	65.58	2.85	0.37	0.42
46	65.58	2.74	0.39	0.44
47	65.59	2.59	0.42	0.45
48	65.6	2.85	0.37	0.42
49	65.6	1.53	0.84	0.7
50	67.52	1.5	0.89	0.73
51	67.52	1.5	0.89	0.73
52	67.6	1.58	0.83	0.7
53	67.62	1.48	0.9	0.74
54	67.64	1.55	0.86	0.71
55	67.64	1.49	0.89	0.74
56	67.66	1.49	0.9	0.74
57	67.79	1.52	0.88	0.73
58	67.8	1.52	0.88	0.73
59	67.82	1.52	0.88	0.73
60	67.83	1.52	0.88	0.73
61	69.17	1.52	0.9	0.74
62	69.18	1.52	0.9	0.74
63	69.28	1.52	0.9	0.74
64	69.31	1.52	0.9	0.74
65	69.32	1.53	0.9	0.74

**Tabla 13.38**

*Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (D=0.27m, a=0.135m)*

Tramo	Caudal	Velocidad máxima	Q/Qmax	Y/D
	L/s	m/s		
1	40.7	2.9	0.19	0.29
2	40.71	3	0.18	0.29
3	40.72	2.35	0.25	0.34
4	40.73	1.96	0.32	0.39
5	40.8	2.56	0.22	0.32
6	40.85	3.12	0.17	0.28
7	40.92	3.16	0.17	0.28
8	40.92	3.13	0.17	0.28

9	40.93	3.25	0.16	0.27
10	40.93	2.87	0.19	0.3
11	40.94	3.07	0.17	0.28
12	41	2.38	0.25	0.34
13	41.01	2.38	0.25	0.34
14	41.02	2.36	0.25	0.34
15	41.04	4.28	0.11	0.22
16	41.06	2.89	0.19	0.3
17	41.1	3.67	0.14	0.25
18	41.11	3.64	0.14	0.25
19	41.11	3.9	0.13	0.24
20	41.14	4.49	0.1	0.22
21	41.14	4.58	0.1	0.21
22	41.16	4.53	0.1	0.22
23	41.18	4.05	0.12	0.23
24	41.19	4.43	0.11	0.22
25	41.2	4.15	0.12	0.23
26	41.2	4.44	0.11	0.22
27	41.21	4.34	0.11	0.22
28	41.21	4.36	0.11	0.22
29	41.22	4.71	0.1	0.21
30	41.23	4.68	0.1	0.21
31	41.24	4.43	0.11	0.22
32	41.24	3.23	0.16	0.27
33	41.54	4.56	0.1	0.22
34	41.56	2.76	0.21	0.31
35	41.58	3.6	0.14	0.26
36	41.73	4.57	0.1	0.22
37	41.74	6.07	0.07	0.18
38	41.74	3.45	0.15	0.26
39	41.75	4.71	0.1	0.21
40	41.77	4.16	0.12	0.23
41	41.78	4.68	0.1	0.21
42	41.83	4.46	0.11	0.22
43	41.83	3.94	0.13	0.24
44	41.85	3.42	0.15	0.27
45	41.86	2.52	0.24	0.33
46	41.86	2.42	0.25	0.34
47	41.87	2.3	0.27	0.36
48	41.87	2.52	0.24	0.33
49	41.88	1.39	0.53	0.52
50	43.8	1.37	0.58	0.54
51	43.8	1.38	0.57	0.54
52	43.88	1.44	0.54	0.52
53	43.9	1.36	0.58	0.55
54	43.92	1.42	0.56	0.53
55	43.92	1.37	0.58	0.55

56	43.94	1.37	0.58	0.55
57	44.06	1.39	0.57	0.54
58	44.08	1.39	0.57	0.54
59	44.1	1.39	0.57	0.54
60	44.11	1.39	0.57	0.54
61	45.45	1.4	0.59	0.55
62	45.46	1.4	0.59	0.55
63	45.56	1.4	0.59	0.55
64	45.59	1.4	0.59	0.55
65	45.6	1.4	0.59	0.55

### 13.6.1.3. Tubería de diámetro de 300mm

**Tabla 13.39.**

*Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (D=0.3m)*

Tramo	Caudal	Velocidad máxima	Q/Qmax	Y/D
	L/s	m/s		
1	79.92	3.47	0.28	0.36
2	79.93	3.59	0.27	0.35
3	79.94	2.81	0.37	0.42
4	79.94	2.33	0.48	0.49
5	80.02	3.06	0.33	0.4
6	80.06	3.74	0.25	0.34
7	80.13	3.78	0.25	0.34
8	80.14	3.75	0.25	0.34
9	80.14	3.9	0.24	0.33
10	80.15	3.43	0.28	0.37
11	80.16	3.68	0.26	0.35
12	80.22	2.84	0.37	0.42
13	80.23	2.84	0.37	0.42
14	80.24	2.82	0.37	0.42
15	80.26	5.13	0.16	0.27
16	80.28	3.46	0.28	0.36
17	80.31	4.4	0.2	0.3
18	80.32	4.36	0.2	0.31
19	80.33	4.67	0.19	0.29
20	80.35	5.39	0.15	0.26
21	80.36	5.5	0.15	0.26
22	80.38	5.44	0.15	0.26
23	80.4	4.85	0.18	0.28
24	80.41	5.31	0.16	0.27
25	80.41	4.98	0.17	0.28
26	80.42	5.32	0.16	0.27
27	80.42	5.2	0.16	0.27

28	80.43	5.23	0.16	0.27
29	80.43	5.65	0.14	0.26
30	80.44	5.62	0.14	0.26
31	80.45	5.31	0.16	0.27
32	80.46	3.87	0.24	0.34
33	80.75	5.47	0.15	0.26
34	80.78	3.29	0.3	0.38
35	80.79	4.31	0.21	0.31
36	80.94	5.48	0.15	0.26
37	80.95	7.28	0.1	0.21
38	80.96	4.12	0.22	0.32
39	80.97	5.64	0.14	0.26
40	80.98	4.98	0.17	0.28
41	81	5.6	0.15	0.26
42	81.05	5.34	0.16	0.27
43	81.05	4.71	0.19	0.29
44	81.06	4.09	0.23	0.32
45	81.07	3	0.35	0.41
46	81.08	2.88	0.37	0.42
47	81.08	2.73	0.4	0.44
48	81.09	3	0.35	0.41
49	81.09	1.63	0.78	0.66
50	83.02	1.59	0.82	0.69
51	83.02	1.59	0.82	0.69
52	83.1	1.68	0.77	0.66
53	83.12	1.57	0.84	0.7
54	83.13	1.64	0.8	0.67
55	83.13	1.59	0.83	0.69
56	83.16	1.58	0.83	0.7
57	83.28	1.61	0.81	0.69
58	83.3	1.61	0.82	0.69
59	83.31	1.61	0.81	0.69
60	83.32	1.61	0.82	0.69
61	84.66	1.62	0.83	0.69
62	84.68	1.62	0.83	0.69
63	84.78	1.62	0.83	0.7
64	84.8	1.62	0.83	0.7
65	84.82	1.62	0.83	0.69

**Tabla 13.40**

*Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (D=0.3m, a=0.15m)*

Tramo	Caudal	Velocidad máxima	Q/Qmax	Y/D
	L/s	m/s		

1	49.46	3.03	0.17	0.28
2	49.47	3.14	0.16	0.27
3	49.47	2.46	0.23	0.33
4	49.48	2.05	0.3	0.37
5	49.56	2.68	0.21	0.31
6	49.6	3.26	0.16	0.27
7	49.67	3.3	0.15	0.27
8	49.68	3.27	0.16	0.27
9	49.68	3.4	0.15	0.26
10	49.69	3	0.18	0.28
11	49.7	3.21	0.16	0.27
12	49.76	2.49	0.23	0.33
13	49.77	2.49	0.23	0.33
14	49.78	2.47	0.23	0.33
15	49.8	4.47	0.1	0.21
16	49.81	3.02	0.18	0.28
17	49.85	3.84	0.13	0.24
18	49.86	3.81	0.13	0.24
19	49.87	4.08	0.12	0.23
20	49.89	4.7	0.09	0.21
21	49.9	4.79	0.09	0.2
22	49.92	4.75	0.09	0.21
23	49.94	4.23	0.11	0.22
24	49.95	4.63	0.1	0.21
25	49.95	4.34	0.11	0.22
26	49.96	4.64	0.1	0.21
27	49.96	4.53	0.1	0.21
28	49.96	4.56	0.1	0.21
29	49.97	4.92	0.09	0.2
30	49.98	4.9	0.09	0.2
31	49.99	4.63	0.1	0.21
32	50	3.38	0.15	0.26
33	50.29	4.77	0.09	0.21
34	50.32	2.89	0.19	0.3
35	50.33	3.77	0.13	0.24
36	50.48	4.78	0.09	0.21
37	50.49	6.35	0.06	0.17
38	50.5	3.6	0.14	0.25
39	50.51	4.92	0.09	0.2
40	50.52	4.35	0.11	0.22
41	50.54	4.89	0.09	0.2
42	50.59	4.66	0.1	0.21
43	50.59	4.12	0.12	0.23
44	50.6	3.58	0.14	0.25
45	50.61	2.63	0.22	0.32
46	50.62	2.53	0.23	0.33
47	50.62	2.4	0.25	0.34

48	50.63	2.64	0.22	0.32
49	50.63	1.46	0.49	0.49
50	52.56	1.44	0.52	0.51
51	52.56	1.44	0.52	0.51
52	52.64	1.51	0.49	0.49
53	52.66	1.43	0.53	0.52
54	52.67	1.48	0.5	0.5
55	52.67	1.44	0.53	0.51
56	52.7	1.43	0.53	0.52
57	52.82	1.46	0.52	0.51
58	52.84	1.46	0.52	0.51
59	52.85	1.46	0.52	0.51
60	52.86	1.46	0.52	0.51
61	54.2	1.47	0.53	0.52
62	54.22	1.47	0.53	0.52
63	54.32	1.47	0.53	0.52
64	54.34	1.47	0.53	0.52
65	54.36	1.47	0.53	0.52

### 13.6.2. Tubería de hormigón (n=0.014)

#### 13.6.2.1. Tubería de diámetro de 200mm

Tabla 13.41

Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (Tubería de hormigón, D=0.2m)

Tramo	Caudal	Velocidad máxima	Q/Qmax	Y/D
	L/s	m/s		
1	41.53	2.48	0.54	0.53
2	41.54	2.57	0.52	0.51
3	41.55	1.98	0.73	0.63
4	41.55	1.6	0.94	0.77
5	41.63	2.17	0.65	0.59
6	41.68	2.68	0.49	0.5
7	41.75	2.71	0.49	0.49
8	41.76	2.69	0.49	0.5
9	41.76	2.8	0.47	0.48
10	41.77	2.45	0.56	0.53
11	41.77	2.64	0.51	0.5
12	41.84	2	0.72	0.63
13	41.85	2.01	0.72	0.63
14	41.86	1.99	0.73	0.63
15	41.88	3.71	0.32	0.39
16	41.88	2.47	0.55	0.53
17	41.92	3.18	0.4	0.44

18	41.92	3.14	0.4	0.44
19	41.93	3.38	0.36	0.42
20	41.96	3.91	0.3	0.37
21	41.96	3.99	0.29	0.37
22	41.98	3.94	0.29	0.37
23	42	3.51	0.35	0.41
24	42.01	3.85	0.31	0.38
25	42.01	3.6	0.33	0.4
26	42.02	3.86	0.3	0.38
27	42.02	3.76	0.31	0.39
28	42.03	3.79	0.31	0.38
29	42.03	4.1	0.28	0.36
30	42.05	4.08	0.28	0.36
31	42.06	3.85	0.31	0.38
32	42.06	2.78	0.48	0.49
33	42.26	3.97	0.3	0.37
34	42.29	2.35	0.6	0.56
35	42.3	3.11	0.41	0.45
36	42.44	3.98	0.3	0.37
37	42.45	5.31	0.2	0.3
38	42.46	2.97	0.44	0.46
39	42.47	4.09	0.28	0.37
40	42.48	3.6	0.34	0.4
41	42.49	4.07	0.29	0.37
42	42.54	3.87	0.31	0.38
43	42.54	3.41	0.37	0.42
44	42.55	2.95	0.45	0.47
45	42.56	2.13	0.69	0.61
46	42.56	2.04	0.72	0.63
47	42.57	1.92	0.78	0.66
48	42.58	2.13	0.68	0.61
49	27.71	1.01	1	1
50	26.83	0.97	1	1
51	26.83	0.98	1	0.82
52	26.91	1.03	0.94	0.77
53	26.52	0.96	1	1
54	26.53	1.01	0.95	0.78
55	26.53	0.97	0.99	0.81
56	26.56	0.97	1	0.82
57	26.69	0.99	0.98	0.8
58	26.7	0.99	0.98	0.8
59	26.72	0.99	0.98	0.8
60	26.73	0.99	0.98	0.8
61	27.24	0.99	1	1
62	27.24	0.99	1	1

63	27.24	0.99	1	1
64	27.25	0.99	1	1
65	27.26	0.99	1	1

**Tabla 13.42**

Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (Tubería de hormigón,  $D=0.2m$ ,  $a=0.1m$ ).

Tramo	Caudal	Velocidad máxima	Q/Qmax	Y/D
	L/s	m/s		
1	23.38	2.14	0.31	0.38
2	23.39	2.21	0.29	0.37
3	23.4	1.73	0.41	0.45
4	23.41	1.43	0.53	0.52
5	23.49	1.88	0.37	0.42
6	23.53	2.3	0.28	0.36
7	23.6	2.33	0.28	0.36
8	23.61	2.31	0.28	0.36
9	23.62	2.4	0.26	0.35
10	23.62	2.11	0.31	0.39
11	23.63	2.27	0.29	0.37
12	23.69	1.75	0.41	0.45
13	23.7	1.75	0.41	0.45
14	23.71	1.74	0.41	0.45
15	23.73	3.17	0.18	0.29
16	23.73	2.13	0.31	0.38
17	23.77	2.72	0.22	0.32
18	23.78	2.69	0.23	0.32
19	23.79	2.89	0.21	0.31
20	23.81	3.33	0.17	0.28
21	23.81	3.4	0.16	0.27
22	23.83	3.36	0.17	0.28
23	23.85	3	0.2	0.3
24	23.86	3.28	0.17	0.28
25	23.87	3.08	0.19	0.3
26	23.87	3.29	0.17	0.28
27	23.88	3.21	0.18	0.29
28	23.88	3.23	0.18	0.29
29	23.89	3.49	0.16	0.27
30	23.9	3.47	0.16	0.27
31	23.91	3.29	0.17	0.28
32	23.92	2.39	0.27	0.36
33	24.12	3.39	0.17	0.28
34	24.14	2.04	0.34	0.4
35	24.16	2.67	0.24	0.33

36	24.3	3.4	0.17	0.28
37	24.31	4.52	0.11	0.23
38	24.31	2.55	0.25	0.34
39	24.32	3.5	0.16	0.27
40	24.34	3.09	0.19	0.3
41	24.34	3.48	0.16	0.27
42	24.39	3.31	0.18	0.28
43	24.39	2.92	0.21	0.31
44	24.41	2.54	0.26	0.35
45	24.42	1.86	0.39	0.44
46	24.42	1.79	0.42	0.45
47	24.42	1.69	0.45	0.47
48	24.43	1.86	0.39	0.44
49	24.43	0.99	0.88	0.73
50	26.55	0.97	0.99	0.81
51	26.55	0.98	0.99	0.81
52	26.63	1.03	0.93	0.76
53	26.52	0.96	1	1
54	26.53	1.01	0.95	0.78
55	26.53	0.97	0.99	0.81
56	26.56	0.97	1	0.82
57	26.69	0.99	0.98	0.8
58	26.7	0.99	0.98	0.8
59	26.72	0.99	0.98	0.8
60	26.73	0.99	0.98	0.8
61	27.24	0.99	1	1
62	27.24	0.99	1	1
63	27.24	0.99	1	1
64	27.25	0.99	1	1
65	27.26	0.99	1	0.82

### 13.6.2.2. Tubería de diámetro de 270mm

Tabla 13.43

Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (Tubería de hormigón, D=0.27m)

Tramo	Caudal	Velocidad máxima	Q/Qmax	Y/D
	L/s	m/s		
1	67.86	2.8	0.4	0.44
2	67.87	2.9	0.38	0.43
3	67.88	2.26	0.53	0.52
4	67.89	1.86	0.69	0.61
5	67.97	2.46	0.48	0.49
6	68.01	3.02	0.36	0.42
7	68.08	3.05	0.36	0.41
8	68.09	3.03	0.36	0.42

9	68.09	3.15	0.34	0.4
10	68.1	2.77	0.41	0.44
11	68.11	2.97	0.37	0.42
12	68.17	2.28	0.53	0.52
13	68.18	2.28	0.53	0.52
14	68.19	2.26	0.53	0.52
15	68.21	4.16	0.23	0.33
16	68.21	2.79	0.4	0.44
17	68.25	3.57	0.29	0.37
18	68.26	3.53	0.29	0.37
19	68.26	3.79	0.27	0.35
20	68.29	4.38	0.22	0.32
21	68.29	4.46	0.21	0.31
22	68.31	4.42	0.22	0.32
23	68.33	3.93	0.25	0.34
24	68.34	4.31	0.22	0.32
25	68.34	4.04	0.24	0.34
26	68.35	4.32	0.22	0.32
27	68.35	4.22	0.23	0.33
28	68.36	4.24	0.23	0.32
29	68.37	4.58	0.2	0.31
30	68.38	4.56	0.21	0.31
31	68.39	4.31	0.22	0.32
32	68.39	3.12	0.35	0.41
33	68.59	4.44	0.22	0.31
34	68.62	2.65	0.44	0.46
35	68.63	3.49	0.3	0.38
36	68.77	4.45	0.22	0.32
37	68.79	5.92	0.14	0.26
38	68.79	3.33	0.32	0.39
39	68.8	4.57	0.21	0.31
40	68.81	4.03	0.25	0.34
41	68.82	4.55	0.21	0.31
42	68.87	4.33	0.22	0.32
43	68.87	3.82	0.27	0.35
44	68.88	3.31	0.32	0.39
45	68.89	2.41	0.5	0.5
46	68.9	2.32	0.53	0.52
47	68.9	2.19	0.57	0.54
48	68.91	2.41	0.5	0.5
49	61.69	1.23	1	1
50	59.73	1.19	1	1
51	59.73	1.19	1	0.82
52	59.81	1.26	0.94	0.77
53	59.03	1.17	1	1

54	59.05	1.23	0.95	0.78
55	59.05	1.18	0.99	0.81
56	59.07	1.18	1	0.82
57	59.2	1.21	0.98	0.8
58	59.22	1.21	0.98	0.8
59	59.23	1.21	0.98	0.8
60	59.24	1.21	0.98	0.8
61	60.64	1.21	1	1
62	60.65	1.21	1	1
63	60.64	1.21	1	1
64	60.66	1.21	1	1
65	60.67	1.21	1	0.82

**Tabla 13.44**

Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (Tubería de hormigón,  $D=0.27m$ ,  $a=0.22m$ )

Tramo	Caudal	Velocidad máxima	Q/Qmax	Y/D
	L/s	m/s		
1	63.5	2.75	0.37	0.42
2	63.5	2.85	0.36	0.41
3	63.51	2.22	0.5	0.5
4	63.52	1.83	0.64	0.58
5	63.6	2.42	0.45	0.47
6	63.64	2.97	0.34	0.4
7	63.72	3	0.33	0.4
8	63.72	2.97	0.34	0.4
9	63.73	3.09	0.32	0.39
10	63.73	2.72	0.38	0.43
11	63.74	2.92	0.35	0.41
12	63.8	2.24	0.5	0.5
13	63.81	2.25	0.49	0.5
14	63.83	2.23	0.5	0.5
15	63.84	4.09	0.22	0.32
16	63.84	2.74	0.38	0.43
17	63.88	3.5	0.27	0.36
18	63.89	3.47	0.27	0.36
19	63.9	3.72	0.25	0.34
20	63.92	4.29	0.2	0.31
21	63.93	4.38	0.2	0.3
22	63.95	4.33	0.2	0.3
23	63.97	3.86	0.24	0.33
24	63.97	4.23	0.21	0.31
25	63.98	3.96	0.23	0.33
26	63.99	4.24	0.21	0.31

27	63.99	4.14	0.22	0.31
28	63.99	4.16	0.21	0.31
29	64	4.5	0.19	0.3
30	64.01	4.48	0.19	0.3
31	64.02	4.23	0.21	0.31
32	64.03	3.07	0.33	0.39
33	64.23	4.36	0.2	0.3
34	64.25	2.61	0.41	0.45
35	64.27	3.43	0.28	0.36
36	64.41	4.36	0.2	0.3
37	64.42	5.81	0.14	0.25
38	64.42	3.27	0.3	0.38
39	64.43	4.49	0.19	0.3
40	64.45	3.96	0.23	0.33
41	64.45	4.46	0.2	0.3
42	64.5	4.25	0.21	0.31
43	64.5	3.75	0.25	0.34
44	64.52	3.25	0.3	0.38
45	64.53	2.37	0.47	0.48
46	64.53	2.28	0.49	0.5
47	64.54	2.15	0.53	0.52
48	64.54	2.37	0.47	0.48
49	61.69	1.23	1	1
50	59.73	1.19	1	1
51	59.73	1.19	1	0.82
52	59.81	1.26	0.94	0.77
53	59.03	1.17	1	1
54	59.05	1.23	0.95	0.78
55	59.05	1.18	0.99	0.81
56	59.07	1.18	1	0.82
57	59.2	1.21	0.98	0.8
58	59.22	1.21	0.98	0.8
59	59.23	1.21	0.98	0.8
60	59.24	1.21	0.98	0.8
61	60.64	1.21	1	1
62	60.65	1.21	1	1
63	60.64	1.21	1	1
64	60.66	1.21	1	1
65	60.67	1.21	1	0.82

**Tabla 13.45**

Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (Tubería de hormigón,  $D=0.27m$ ,  $a=0.135m$ )

Tramo	Caudal	Velocidad máxima	Q/Qmax	Y/D
-------	--------	------------------	--------	-----

	<b>L/s</b>	<b>m/s</b>		
1	40.7	2.44	0.24	0.33
2	40.71	2.52	0.23	0.32
3	40.72	1.97	0.32	0.39
4	40.73	1.64	0.41	0.45
5	40.81	2.15	0.29	0.37
6	40.85	2.63	0.22	0.32
7	40.92	2.66	0.21	0.31
8	40.93	2.63	0.22	0.32
9	40.93	2.74	0.21	0.31
10	40.94	2.41	0.25	0.34
11	40.95	2.59	0.22	0.32
12	41.01	2	0.32	0.39
13	41.02	2	0.32	0.39
14	41.03	1.98	0.32	0.39
15	41.05	3.6	0.14	0.25
16	41.05	2.43	0.24	0.34
17	41.09	3.09	0.17	0.28
18	41.1	3.06	0.18	0.28
19	41.11	3.28	0.16	0.27
20	41.13	3.79	0.13	0.24
21	41.13	3.86	0.13	0.24
22	41.15	3.82	0.13	0.24
23	41.17	3.41	0.15	0.26
24	41.18	3.73	0.13	0.25
25	41.18	3.5	0.15	0.26
26	41.19	3.74	0.13	0.25
27	41.2	3.65	0.14	0.25
28	41.2	3.67	0.14	0.25
29	41.21	3.97	0.12	0.24
30	41.22	3.95	0.12	0.24
31	41.23	3.73	0.13	0.25
32	41.23	2.72	0.21	0.31
33	41.43	3.85	0.13	0.24
34	41.46	2.32	0.26	0.35
35	41.47	3.03	0.18	0.29
36	41.62	3.86	0.13	0.24
37	41.63	5.12	0.09	0.2
38	41.63	2.9	0.19	0.3
39	41.64	3.96	0.13	0.24
40	41.65	3.5	0.15	0.26
41	41.66	3.94	0.13	0.24
42	41.71	3.75	0.14	0.25
43	41.71	3.31	0.16	0.27
44	41.72	2.88	0.2	0.3
45	41.73	2.11	0.3	0.38
46	41.74	2.03	0.32	0.39

47	41.74	1.92	0.34	0.4
48	41.75	2.12	0.3	0.38
49	41.75	1.16	0.68	0.6
50	43.87	1.14	0.73	0.64
51	43.87	1.14	0.73	0.64
52	43.95	1.2	0.69	0.61
53	43.97	1.13	0.74	0.64
54	43.98	1.18	0.71	0.62
55	43.99	1.14	0.74	0.64
56	44.01	1.13	0.74	0.64
57	44.14	1.16	0.73	0.63
58	44.16	1.15	0.73	0.63
59	44.17	1.16	0.73	0.63
60	44.18	1.16	0.73	0.63
61	45.59	1.16	0.75	0.65
62	45.6	1.16	0.75	0.65
63	45.7	1.16	0.75	0.65
64	45.73	1.16	0.75	0.65
65	45.74	1.16	0.75	0.65

### 13.6.2.3. Tubería de diámetro de 300mm

**Tabla 13.46**

*Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (Tubería de hormigón, D=0.3m)*

Tramo	Caudal	Velocidad máxima	Q/Qmax	Y/D
	L/s	m/s		
1	79.92	2.91	0.36	0.41
2	79.93	3.02	0.34	0.4
3	79.94	2.35	0.47	0.49
4	79.94	1.94	0.61	0.57
5	80.02	2.57	0.42	0.45
6	80.07	3.14	0.32	0.39
7	80.14	3.17	0.32	0.39
8	80.15	3.15	0.32	0.39
9	80.15	3.27	0.3	0.38
10	80.16	2.88	0.36	0.42
11	80.16	3.09	0.33	0.39
12	80.23	2.37	0.47	0.48
13	80.24	2.38	0.47	0.48
14	80.25	2.36	0.48	0.49
15	80.27	4.32	0.21	0.31
16	80.27	2.9	0.36	0.41
17	80.31	3.7	0.26	0.35
18	80.31	3.67	0.26	0.35

19	80.32	3.93	0.24	0.33
20	80.35	4.54	0.19	0.3
21	80.35	4.63	0.19	0.29
22	80.37	4.58	0.19	0.3
23	80.39	4.08	0.22	0.32
24	80.4	4.47	0.2	0.3
25	80.4	4.19	0.22	0.32
26	80.41	4.48	0.2	0.3
27	80.41	4.37	0.2	0.31
28	80.42	4.4	0.2	0.31
29	80.42	4.75	0.18	0.29
30	80.44	4.73	0.18	0.29
31	80.45	4.47	0.2	0.3
32	80.45	3.25	0.31	0.38
33	80.65	4.6	0.19	0.3
34	80.68	2.76	0.39	0.43
35	80.69	3.62	0.27	0.35
36	80.83	4.61	0.19	0.3
37	80.84	6.14	0.13	0.24
38	80.85	3.46	0.28	0.37
39	80.86	4.74	0.18	0.29
40	80.87	4.18	0.22	0.32
41	80.88	4.71	0.19	0.29
42	80.93	4.49	0.2	0.3
43	80.93	3.96	0.24	0.33
44	80.94	3.44	0.29	0.37
45	80.95	2.51	0.44	0.47
46	80.95	2.41	0.47	0.48
47	80.96	2.28	0.5	0.5
48	80.97	2.51	0.44	0.47
49	80.97	1.32	0.99	0.81
50	79.1	1.28	1	1
51	79.1	1.28	1	0.82
52	79.18	1.36	0.94	0.77
53	78.18	1.26	1	1
54	78.2	1.32	0.95	0.78
55	78.2	1.27	0.99	0.81
56	78.22	1.27	1	0.82
57	78.35	1.3	0.97	0.8
58	78.37	1.29	0.98	0.8
59	78.38	1.29	0.98	0.8
60	78.4	1.29	0.98	0.8
61	79.8	1.29	0.99	0.81
62	79.82	1.29	0.99	0.81
63	79.92	1.29	1	0.82

64	79.94	1.3	1	0.82
65	79.96	1.3	1	0.82

**Tabla 13.47**

Reporte del evento de lluvia en el programa SWMM. (Tubería de hormigón,  $D=0.3m$ ,  $a=0.15m$ )

Tramo	Caudal	Velocidad máxima	Q/Qmax	Y/D
	L/s	m/s		
1	49.46	2.55	0.22	0.32
2	49.47	2.64	0.21	0.31
3	49.47	2.07	0.29	0.37
4	49.48	1.72	0.38	0.43
5	49.56	2.25	0.26	0.35
6	49.6	2.75	0.2	0.3
7	49.68	2.78	0.2	0.3
8	49.68	2.76	0.2	0.3
9	49.69	2.86	0.19	0.29
10	49.69	2.52	0.22	0.32
11	49.7	2.71	0.2	0.31
12	49.76	2.09	0.29	0.37
13	49.77	2.09	0.29	0.37
14	49.79	2.08	0.29	0.37
15	49.81	3.77	0.13	0.24
16	49.8	2.54	0.22	0.32
17	49.84	3.23	0.16	0.27
18	49.85	3.2	0.16	0.27
19	49.86	3.44	0.15	0.26
20	49.88	3.96	0.12	0.23
21	49.89	4.04	0.12	0.23
22	49.91	4	0.12	0.23
23	49.93	3.56	0.14	0.25
24	49.94	3.9	0.12	0.24
25	49.94	3.66	0.13	0.25
26	49.95	3.91	0.12	0.24
27	49.95	3.82	0.13	0.24
28	49.95	3.84	0.13	0.24
29	49.96	4.15	0.11	0.23
30	49.97	4.13	0.11	0.23
31	49.98	3.9	0.12	0.24
32	49.99	2.84	0.19	0.3
33	50.19	4.02	0.12	0.23
34	50.22	2.43	0.24	0.33
35	50.23	3.17	0.17	0.28
36	50.37	4.03	0.12	0.23

37	50.38	5.35	0.08	0.19
38	50.39	3.03	0.18	0.29
39	50.4	4.14	0.11	0.23
40	50.41	3.66	0.14	0.25
41	50.41	4.12	0.12	0.23
42	50.46	3.92	0.12	0.24
43	50.47	3.47	0.15	0.26
44	50.48	3.01	0.18	0.29
45	50.49	2.21	0.28	0.36
46	50.49	2.13	0.29	0.37
47	50.5	2.01	0.31	0.38
48	50.51	2.21	0.28	0.36
49	50.51	1.22	0.62	0.57
50	52.62	1.2	0.67	0.6
51	52.62	1.2	0.66	0.6
52	52.7	1.26	0.62	0.57
53	52.73	1.19	0.67	0.6
54	52.74	1.23	0.64	0.58
55	52.74	1.19	0.67	0.6
56	52.76	1.19	0.67	0.6
57	52.89	1.21	0.66	0.59
58	52.91	1.21	0.66	0.59
59	52.92	1.21	0.66	0.59
60	52.94	1.21	0.66	0.59
61	54.34	1.22	0.68	0.6
62	54.36	1.22	0.68	0.6
63	54.46	1.22	0.68	0.6
64	54.49	1.22	0.68	0.6
65	54.5	1.22	0.68	0.6

### 13.7. Resultados

**Tabla 13.48**

*Resumen de parámetros geométricos del diseño definitivo*

Tramo	Long	Profundidad a cota invert		S diseño
	m	Inicial (m)	Final(m)	(m/m)
1	0.01	2.4313	2.8613	0.063
2	0.01	2.9613	2.9513	0.069
3	0.10	3.0513	2.9513	0.035
4	0.04	3.0513	2.8813	0.021
5	0.10	2.9813	2.9913	0.044
6	0.01	3.0913	3.2813	0.077
7	0.01	3.3813	2.9313	0.079

8	0.00	3.0313	2.9113	0.077
9	0.01	3.0113	2.9713	0.086
10	0.07	3.0713	2.9013	0.061
11	0.01	3.0013	2.9513	0.073
12	0.01	3.0513	2.2413	0.036
13	0.02	2.3413	2.5013	0.036
14	0.00	2.6013	2.2013	0.035
15	0.03	2.3013	2.4513	0.183
16	0.01	2.5513	2.5013	0.062
17	0.01	2.6013	2.4513	0.120
18	0.02	2.5513	2.6513	0.117
19	0.00	2.7513	2.3713	0.142
20	0.02	2.5213	2.4913	0.209
21	0.02	2.6413	2.6113	0.220
22	0.01	2.7113	2.4513	0.214
23	0.00	2.5513	2.4613	0.157
24	0.01	2.5613	2.4313	0.200
25	0.00	2.5313	2.4313	0.168
26	0.00	2.5313	2.4213	0.201
27	0.01	2.5213	2.4213	0.189
28	0.01	2.5713	2.4413	0.192
29	0.01	2.5913	2.5313	0.236
30	0.01	2.6813	2.4113	0.233
31	0.48	2.5613	2.3013	0.200
32	0.03	2.4513	1.7813	0.084
33	0.01	1.9313	1.4813	0.216
34	0.23	1.6313	1.4813	0.054
35	0.01	1.6313	1.4813	0.113
36	0.01	1.6313	1.4813	0.217
37	0.01	1.6313	1.4813	0.443
38	0.01	1.6313	1.4813	0.099
39	0.00	1.6313	1.4813	0.233
40	0.06	1.6313	2.5313	0.167
41	0.00	2.6813	2.6313	0.230
42	0.01	2.7813	2.3913	0.202
43	0.01	2.5413	2.4313	0.144
44	0.00	2.5313	2.3613	0.097
45	0.00	2.4613	2.3713	0.042
46	0.01	2.4713	2.4213	0.037
47	0.00	2.5213	2.4213	0.032
48	0.92	2.5213	2.6913	0.042
49	0.00	2.7913	2.6302	0.008
50	0.13	2.7302	3.1284	0.008
51	0.02	3.2284	3.4818	0.008
52	0.01	3.5818	3.6711	0.009

53	0.00	3.7711	3.3349	0.008
54	0.02	3.4349	3.2561	0.008
55	0.19	3.3561	3.2751	0.008
56	0.02	3.3751	5.4704	0.008
57	0.01	5.4704	3.3192	0.008
58	0.01	3.4192	3.0938	0.008
59	0.20	3.1938	3.1773	0.008
60	0.02	3.2773	3.2402	0.008
61	0.14	3.3402	3.6955	0.008
62	0.03	3.7955	4.0705	0.008
63	0.01	4.1705	4.7952	0.008
64	9.53	4.8952	4.0761	0.008
65	0.00	4.1761	4.4014	0.008

**Tabla 13.49**

*Especificaciones geométricas de la ubicación de los pozos*

Número de pozo	Coordenadas		Salto	Pozo tipo	Profundidad a invert
	X	Y	m		m
1	730456.68	9674743.1	0.10	1	2.86
2	730437.9	9674726.3	0.10	1	2.95
3	730425.21	9674717.2	0.10	1	2.95
4	730408.95	9674713.3	0.10	1	2.88
5	730394.84	9674714.4	0.10	1	2.99
6	730364.83	9674725.5	0.10	1	3.28
7	730288.34	9674758.7	0.10	1	2.93
8	730270.9	9674769.2	0.10	1	2.91
9	730261.24	9674780.2	0.10	1	2.97
10	730259.1	9674790.1	0.10	1	2.90
11	730260.13	9674799.4	0.10	1	2.95
12	730265.03	9674814.9	0.10	1	2.24
13	730274.69	9674849.4	0.10	1	2.50
14	730272.8	9674866.7	0.10	1	2.20
15	730282.89	9674893.8	0.10	1	2.45
16	730295.92	9674928.8	0.10	1	2.50
17	730298.75	9674961.2	0.10	1	2.45
18	730289.61	9675011	0.10	1	2.65
19	730293.21	9675029.6	0.10	1	2.37
20	730299.57	9675044.1	0.15	2	2.49
21	730319.52	9675064.2	0.15	2	2.61
22	730322.79	9675070.1	0.10	1	2.45
23	730333.2	9675108	0.10	1	2.46
24	730349.29	9675131.5	0.10	1	2.43
25	730351.85	9675146.2	0.10	1	2.43

26	730349.62	9675153.2	0.10	1	2.42
27	730336.76	9675163.3	0.10	1	2.42
28	730330.11	9675165.5	0.15	2	2.44
29	730324.02	9675162.9	0.15	2	2.53
30	730312.21	9675151.9	0.15	2	2.41
31	730303.29	9675147.2	0.15	2	2.30
32	730283.05	9675145.8	0.15	2	1.78
33	730271.1	9675143.5	0.15	2	1.48
34	730257.32	9675151.5	0.15	2	1.48
35	730211.82	9675177.8	0.15	2	1.48
36	730186.74	9675192.3	0.15	2	1.48
37	730165.68	9675190	0.15	2	1.48
38	730144	9675195.9	0.15	2	1.48
39	730136.41	9675202.7	0.15	2	1.48
40	730129.72	9675218.5	0.15	2	2.53
41	730118.54	9675245	0.15	2	2.63
42	730116.54	9675282.7	0.15	2	2.39
43	730110.89	9675309.9	0.15	2	2.43
44	730108.2	9675314	0.10	1	2.36
45	730080.97	9675319.5	0.10	1	2.37
46	730060.43	9675319.3	0.10	1	2.42
47	730054.71	9675319.7	0.10	1	2.42
48	730045.25	9675322.2	0.10	1	2.69
49	730031.54	9675330	0.10	1	2.63
50	730026.84	9675333.8	0.10	1	3.13
51	730024.44	9675339.7	0.10	1	3.48
52	730023.62	9675344.1	0.10	1	3.67
53	730024.82	9675350.3	0.10	1	3.33
54	730041.22	9675390.6	0.10	1	3.26
55	730050.03	9675412.8	0.10	1	3.28
56	730052.26	9675417.5	0.10	1	5.47
57	730069.36	9675460	0.10	1	3.32
58	730077.49	9675486.2	0.10	1	3.09
59	730094.22	9675521.3	0.10	1	3.18
60	730109.9	9675541.4	0.10	1	3.24
61	730129.04	9675557.1	0.10	1	3.70
62	730167.87	9675589	0.10	1	4.07
63	730190.56	9675610.5	0.10	1	4.80
64	730210.81	9675634	0.10	1	4.08
65	730232.01	9675685.9	0.10	1	4.40

### 13.8. Planos