

**PROPUESTA DE DISEÑO DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL MUNICIPIO  
DE VALLE DE SAN JOSÉ, SANTANDER-COLOMBIA**

**HOLLMAN YAIR MORALES MARTÍNEZ**

**OMAR ALBERTO RUEDA VILLAR**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**BUCARAMANGA**

**2014**

**PROPUESTA DE DISEÑO DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL MUNICIPIO  
DE VALLE DE SAN JOSÉ, SANTANDER-COLOMBIA**

**HOLLMAN YAIR MORALES MARTÍNEZ**

**OMAR ALBERTO RUEDA VILLAR**

**Trabajo de grado para optar al título de:**

**Ingeniero Civil**

**Director**

**MARIO GARCIA SOLANO**

**Ingeniero Civil, M, Sc.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**BUCARAMANGA**

**2014**

## DEDICATORIA

*Este proyecto está dedicado a María Degsy Villar De Rueda y a Pedro Elías Rueda Salazar, por darme la vida, brindarme su confianza y respaldo en todo momento, con amor Omar.*

## DEDICATORIA

*Primero que todo a Dios por permitir culminar esta etapa de mi proyecto de vida, a mi padre Gustavo que lastimosamente no me puede acompañar para compartir mis triunfos, a mi madre Aurora que es uno de los pilares más importantes de mi vida y la autora de este triunfo, a mi hermana Saira y su esposo Camilo mi sobrino Nicolás y demás familiares que siempre creyeron en mí.*

*A mi hijo Martin que en tan solo diez meses que está presente en este mundo con nosotros se convirtió en pieza fundamental para mí y mi carrera, a Gina que también me apoyo en momentos de dificultades y angustias. Infinitas gracias ☺*

*Hollman Morales*

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	21
1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	22
2 JUSTIFICACIÓN .....	23
3 OBJETIVOS .....	24
3.1 Objetivo General .....	24
3.2 Objetivos Específicos .....	24
4 MARCO REFERENCIAL.....	25
4.1 Localización del proyecto.....	25
4.2 Geografía .....	25
4.2.1 Descripción Física:.....	25
4.2.2 Límites del municipio:.....	27
4.2.3 Ecología: .....	28
4.2.4 Economía: .....	28
4.2.5 Vías de comunicación: .....	29
5 ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	30
5.1 Zonas de descarga.....	30
5.2 Trazado realizado.....	31
5.3 Parámetros hidráulicos.....	32
5.4 Caudal de Diseño.....	32
5.5 Áreas de Drenaje .....	33
5.6 Coeficiente de Escorrentía .....	34
5.7 Intensidad de Precipitación .....	35
5.8 Periodo de Retorno de Diseño .....	38
5.9 Tiempo de Concentración .....	38
5.10 Parámetros de Diseño D.3.2. RAS-2000.....	39
5.10.1 Diámetro Mínimo .....	39
5.10.2 Velocidad Mínima.....	40
5.10.3 Velocidad Máxima.....	40
5.10.4 Pendiente Mínima. ....	40

5.10.5	Pendiente Máxima.....	40
5.10.6	Profundidad Hidráulica Máxima. ....	40
5.10.7	Profundidad Mínima a la Cota Clave.....	41
5.10.8	Profundidad Máxima a la Cota Clave.....	41
6	NUEVAS TECNOLOGÍAS.....	42
6.1	Trenchless.....	42
6.2	Beneficios de este método. ....	42
6.3	Tapas plásticas para pozos de inspección (MADERPLAST) .....	44
6.4	Soluciones hidropluviales.....	45
7	DISEÑO METODOLÓGICO.....	48
7.1	Fase 1.....	48
7.2	Fase 2.....	48
7.3	Fase 3.....	48
7.4	Fase 4.....	49
8	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
8.1	Longitud del tramo.....	50
8.2	Pendiente promedio del terreno (s).....	51
8.3	Coefficiente de impermeabilidad (I).....	51
8.4	Coefficiente de escorrentía .....	51
8.5	Tiempo de recorrido .....	51
8.6	Tiempo de entrada .....	52
8.7	Tiempo de concentración .....	52
8.8	Intensidad media.....	52
8.9	Caudal de agua lluvia método racional .....	52
8.10	Diámetro (D).....	53
8.11	Coefficiente N de Manning .....	53
8.12	Área Sección (As) .....	53
8.13	Pendiente tramo (St) .....	53
8.14	Caudal a tubo lleno (QII).....	53
8.15	Relación caudal de diseño sobre caudal a tubo lleno .....	54
8.16	Tirante hidráulico (Y) .....	54

8.17	Angulo teta .....	54
8.18	Área parcial o mojada (Ap).....	55
8.19	Velocidad parcial (Vp) .....	55
8.20	Porcentaje de error de las velocidades (%E) .....	55
8.21	Radio hidráulico .....	56
8.22	Esfuerzo cortante medio ( $\tau$ ) .....	56
8.23	Cota extra 2 inicio tramo. ....	56
8.24	Cota extra 2 fin tramo.....	56
8.25	Cota batea inicio tramo .....	57
8.26	Cota batea fin tramo.....	57
9	POZOS DE INSPECCIÓN (D.6.3.2. RAS-2000) .....	58
9.1	Diámetro interno de los pozos.....	58
9.2	Diámetro de acceso al pozo.....	58
9.3	Distancia entre pozos.....	58
9.4	Altura pozos. ....	59
9.5	Cota tapa.....	59
9.6	$\Delta Z$ máximo. ....	59
10	ESTRUCTURA DE CAPTACION (SUMIDERO) .....	61
10.1	CUNETAS .....	61
10.1.1	Estimación del caudal en la cuneta.....	61
11	MODELAMIENTO EN STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM).....	64
11.1	Caudal de diseño. ....	65
	BIBLIOGRAFÍA.....	66
	ANEXOS.....	67

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Municipio de Valle de San José Santander Colombia fuente. Google Maps .....	25
<b>Figura 2.</b> Ubicación del municipio de Valle de San José Santander Colombia fuente. Google Maps.....	26
<b>Figura 3.</b> Ubicación del municipio de Valle de San José Santander Colombia fuente. Google maps.....	27
<b>Figura 4.</b> Zona de descarga 1 “el cementerio “fuente autores .....	30
<b>Figura 5.</b> Zona de descarga 2 "quebrada la quinta" fuente autores .....	31
<b>Figura 6.</b> Trazado óptimo y zonas de descarga .....	32
<b>Figura 7.</b> Áreas de drenaje del municipio. Fuente autores.....	33
<b>Figura 8.</b> Nuevas tecnologías método TRENCHLESS Fuente <a href="http://www.centrasas.com/trenchless--sin-zanja.html">http://www.centrasas.com/trenchless--sin-zanja.html</a> .....	43
<b>Figura 9.</b> Nuevas tecnologías método TRENCHLESS Fuente <a href="http://www.centrasas.com/trenchless--sin-zanja.html">http://www.centrasas.com/trenchless--sin-zanja.html</a> .....	43
<b>Figura 10.</b> Nuevas tecnologías tapas para pozos Maderplast Fuente <a href="http://www.maderplast.com/1-9-acueductos-y-alcantarillados.html">http://www.maderplast.com/1-9-acueductos-y-alcantarillados.html</a> .....	44
<b>Figura 11.</b> Nuevas tecnologías soluciones hidroluviales Fuente <a href="http://hidroluviales.com/?p=621html">http://hidroluviales.com/?p=621html</a> .....	45
<b>Figura 12.</b> Nuevas tecnologías soluciones hidroluviales Fuente <a href="http://hidroluviales.com/?p=621html">http://hidroluviales.com/?p=621html</a> .....	46
<b>Figura 13.</b> <i>Rejilla tipo liviano fuente CDMB, normas tecnicas para el diseno y presentacion de proyectos de alcantarillado convenio sena-camacol, 2000</i> .....	62
Figura 14. Imagen SWMM. Trazado alcantarillado.....	64
Figura 15. Nodos y aportes del trazado SWMM. ....	65

## TABLA DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Método Racional .....	33
<b>Ecuación 2.</b> Coeficiente de Escorrentía.....	34
<b>Ecuación 3.</b> Coeficiente de Escorrentía promedio.....	34
<b>Ecuación 4.</b> Promedio de la serie .....	35
<b>Ecuación 5.</b> Desviación estándar.....	36
<b>Ecuación 6.</b> Coeficiente ( $\alpha$ ) .....	36
<b>Ecuación 7.</b> Coeficiente ( $u$ ).....	36
<b>Ecuación 8.</b> Variable reducida .....	36
<b>Ecuación 9.</b> Precipitación (XT).....	36
<b>Ecuación 10.</b> Probabilidad de ocurrencia (F (XT)) .....	36
<b>Ecuación 11.</b> Intensidad. ....	37
<b>Ecuación 12.</b> Sintética Intensidad.....	37
<b>Ecuación 13.</b> Tiempo De Entrada. ....	39
<b>Ecuación 14.</b> Tiempo de recorrido .....	39
<b>Ecuación 15.</b> Longitud Tramo .....	50
<b>Ecuación 16.</b> Tiempo de Concentración.....	52
<b>Ecuación 17.</b> Área de la sección circular. ....	53
<b>Ecuación 18.</b> Pendiente.....	53
<b>Ecuación 19.</b> Caudal a tubo lleno. ....	53
<b>Ecuación 20.</b> Angulo teta.....	54
<b>Ecuación 21.</b> Área parcial.....	55
<b>Ecuación 22.</b> Velocidad parcial.....	55
<b>Ecuación 23.</b> Porcentaje de error. ....	55
<b>Ecuación 24.</b> Radio hidráulico .....	56
<b>Ecuación 25.</b> Esfuerzo cortante.....	56
<b>Ecuación 26.</b> Delta zeta.....	59
<b>Ecuación 27.</b> Factor de capacidad.....	60
<b>Ecuación 28.</b> Caudal en cuneta.....	61
<b>Ecuación 29.</b> Longitud requerida. ....	62
<b>Ecuación 30.</b> Coeficiente e. ....	63
<b>Ecuación 31.</b> Energía específica.....	63

## TABLA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Trazado del alcantarillado pluvial.....	67
<b>Anexo 2.</b> Áreas aferentes.....	67
<b>Anexo 3.</b> Calculo curvas idf.....	67
<b>Anexo 4.</b> Cálculos diseño del alcantarillado.....	67
<b>Anexo 5.</b> Resultados de los datos obtenidos en swmm 5. vE.....	67

## RESUMEN

**TÍTULO:** PROPUESTA DE DISEÑO DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL MUNICIPIO DE VALLE DE SAN JOSÉ, SANTANDER-COLOMBIA\*

**AUTORES:** HOLLMAN YAIR MORALES MARTINEZ  
OMAR ALBERTO RUEDA VILLAR\*\*

**PALABRAS CLAVE:** ALCANTARILLADO PLUVIAL, MÉTODO RACIONAL, TRAZADO ÓPTIMO, PARÁMETROS HIDRÁULICOS.

### DESCRIPCIÓN.

En la actualidad el manejo de aguas lluvia en algunos municipios de **Colombia** no es el adecuado, es importante saber que el mal manejo de este tipos de aguas puede causar problemas con la salud pública, además la protección de este recurso hídrico es importante para evitar problemas a futuro como el deterioro de nuestros ríos que son fuentes de naturaleza y de vida. Este proyecto describe como objetivo principal Proponer el diseño del alcantarillado pluvial del municipio de **VALLE DE SAN JOSÉ**, esto principalmente basándose en los requisitos del reglamento técnico colombiano, además de la investigación y la aplicación de las nuevas tendencias para el manejo de aguas lluvias. Dentro del estudio primario se tuvieron en cuenta aspectos esenciales como planos, levantamientos topográficos, urbanización e hidrología. El diseño fue realizado mediante la obtención de caudales de diseño por el método racional. Se diseñó el sistema en dos redes independientes capaces de evacuar todas las aguas lluvia de la zona urbana del municipio, estas a su vez cuentan con su respectiva zona de descarga permitiendo eficiencia a la hora de ejecutar el proyecto y evitando sobrecostos. La principal conclusión de este proyecto es la verificación de que los parámetros hidráulicos estén dentro del rango admisible como por ejemplo mantener la relación altura diámetro, velocidades de flujo, criterios de auto limpieza y la distancia entre pozos; esto se pudo comprobar mediante los resultados obtenidos en la simulación del diseño planteado en un software libre, Storm Water Management Model (SWMM).

---

\* Trabajo de grado.

\*\* Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Mario García Solano.

## ABSTRACT

**TITLE:** PROPOSED DESIGN OF STORM SEWER TOWNSHIP VALLE DE SAN JOSE, SANTANDER-COLOMBIA\*

**AUTHORS:** HOLLMAN YAIR MORALES MARTINEZ  
OMAR ALBERTO RUEDA VILLAR\*\*

**KEYWORDS:** STORM SEWER, RATIONAL METHOD, OPTIMAL PATH, HYDRAULIC PARAMETERS.

### DESCRIPTION.

In the actuality the manager of rain water in some Colombia's township is not the appropriate, is important know that the wrong manage of this type of waters can cause problems with the public health, also the protection of this hydric resource is very important for avoid problems to future as the deterioration of ours rivers that are sources of nature and life. It project describes as principal objective propose the design of the storm sewer of township VALLE DE SAN JOSE, this mainly based on the requirements of the Colombian technical regulation, also of the investigation and the application of the tendencies new for the manager of rain waters. Within of the primary studio were considered aspects essentials such plans, surveys, urbanization and hydrology. The design were done through the obtaining of design flows for the rational method. Design the system in two independents networks able of evacuate all the rain water of the urban area of the municipality, these in turn have their respective area allowing discharge efficiency when running the project and avoiding overruns. The principal finding of this project is the verification of that the hydraulic parameters are within the acceptable range as for example maintain the relation of height diameter, flow, self-cleaning criteria and the distance between wells; This was proved by the results obtained in the simulation of a proposed design free software, Storm Water Management Model (SWMM).

---

\* Paper grade.

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Mario Garcia Solano.

## Glosario

**Agua Potable:** Es el agua que al cumplir los requisitos bacteriológicos, de desinfección, físicos, químicos y radiactivos de la norma, es apta para el consumo humano.

**Aguas Residuales:** Efluentes que resultan del uso del agua en las viviendas, el comercio o la industria como resultado de actividades urbanas, industriales o agrícolas.

**Aguas Servidas:** Aguas residuales provenientes de viviendas.

**Conexión:** Es la unión física del arranque de agua potable y la tubería de la red pública de distribución.

**Cuenca:** Depresión o concavidad sujeta al proceso de sedimentación de un río.

**Cuerpo Receptor:** Un río, un lago, un océano, una corriente de agua u otro curso de agua, dentro del cual se descargan aguas residuales o efluentes tratados.

**Disposición de Aguas Servidas o Aguas Residuales:** Evacuación de dichas aguas en cuerpos receptores, en las condiciones técnicas y sanitarias establecidas en las normas respectivas, o en sistemas de tratamiento.

**Distribución de Agua Potable:** Conducción del agua producida hasta su entrega en el inmueble del usuario.

**Empalme:** Es la unión física entre la unión domiciliaria de alcantarillado y la tubería de la red pública de recolección.

**Factibilidad de Servicio:** Procedimiento que establece la posibilidad de dotar con el servicio de agua potable y/o de alcantarillado a uno o varios predios

**Impacto Ambiental:** Respuesta de la naturaleza ante la modificación ejercida por el hombre en un ecosistema, resultante de una serie de efectos tanto negativos como positivos. Alteración del medio ambiente debida a la intervención humana.

**Infraestructura Sanitaria:** Instalaciones, obras y construcciones que directa o indirectamente sean necesarias para emplazar, reemplazar, reparar y mantener los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y de Alcantarillado de Aguas Servidas.

**Marco Regulatorio:** Normativa que rige la prestación del servicio sanitario en la República de Colombia

**Operador:** Persona jurídica que posee el Derecho de Explotación de un servicio sanitario

**Planta de Tratamiento de Aguas Servidas – PTAS:** Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales provenientes de viviendas.

**Producción de Agua Potable:** Captación y tratamiento de agua cruda, para su posterior distribución como agua potable, en las condiciones técnicas y sanitarias establecidas en las normas respectivas.

**Unión Domiciliaria de Alcantarillado:** Tramo de tubería y componentes comprendido entre la red de recolección y la primera cámara de inspección, incluida esta última.

**Usuario:** Persona natural o jurídica que se encuentra en posesión legal de un predio y está en posibilidad de hacer uso legal del suministro respectivo, según lo dispuesto en las normas aplicables.

## SISTEMA DE UNIDADES

año	año
día	día
h	hora
ha	hectárea
hab	habitante
km	kilómetro
L	litro
Lps	litro por segundo
m	metro
m <sup>2</sup>	metro cuadrado
m <sup>3</sup>	metro cúbico
min	minuto
mm	milímetro
s	segundo

## VARIABLES

<b>a</b> = constante que depende del tipo de superficie	-
<b>A</b> = área residencial bruta	ha
<b>A</b> = área tributaria	ha
<b>A<sub>i</sub></b> = área hidráulica mojada en la sección i-i	m <sup>2</sup>
<b>b<sub>i</sub></b> = ancho de la sección i-i	m
<b>C</b> = coeficiente de resistencia al flujo de Chézy	-
<b>C</b> = consumo medio diario por habitante	L/habxd
<b>C</b> = coeficiente de escorrentía (función de la permeabilidad del área de drenaje)	-
<b>D</b> = densidad de población	hab/ha
<b>D<sub>s</sub></b> = diámetro del colector de salida de la estructura-pozo	m
<b>e</b> =relación tubería rejilla	-
<b>F(XT)</b> =Probabilidad de ocurrencia	-
<b>ΔZ</b> = diferencia de energía específica entre el colector de salida y el colector principal de entrada a la estructura	m
<b>g</b> = peso específico del agua residual	N/m
<b>H</b> = profundidad de agua en el colector	m
<b>I</b> =coeficiente de impermeabilidad	-
<b>I</b> = Intensidad	mm/h
<b>L</b> = longitud máxima de flujo de escorrentía superficial	m
<b>L<sub>c</sub></b> = longitud del colector	m
<b>m</b> = coeficiente de retardo	-

<b>n</b> = coeficiente de rugosidad de Manning	-
<b>P</b> = población servida = $D \cdot A$ (para calcular F se toma en miles de hab)	hab
<b>P</b> = población servida en miles de habitantes	hab
<b>P</b> = perímetro mojado de flujo	m
<b>Q</b> = caudal de agua residual	L/s
<b>Q</b> = caudal de aguas lluvias	L/s
<b>Q</b> = caudal de salida de la estructura de unión en	m/seg
<b>QCE</b> = aporte por conexiones erradas	L/sxha
<b>QDT</b> = caudal de diseño para cada tramo de la red	L/sxha
<b>QINF</b> = aporte por infiltración	
L/sxha	
<b>QMD</b> = caudal medio diario de aguas residuales	L/sxha
<b>QMDi</b> = caudal medio diario para las condiciones finales de operación de sistema	L/sxha
<b>QMH</b> = caudal máximo horario	
L/sxha	
<b>R</b> = radio hidráulico	m
<b>R</b> = coeficiente de retorno	-
<b>S</b> = pendiente del colector	m/m
<b>S</b> = gradiente hidráulico	m/m
<b>S</b> = pendiente promedio entre el punto más alejado y el colector	m/m
<b>Tc</b> =tiempo de concentración	min
<b>Te</b> =tiempo de entrada	min
<b>Tr</b> =tiempo de recorrido	min
<b>YT</b> =La variable reducida	

## INTRODUCCIÓN

El municipio del Valle de san José actualmente carece de un manejo de aguas lluvias en su área poblacional; teniendo en cuenta que el manejo de este tipo de aguas es importante para la obtención de un buen saneamiento básico [1], con la colaboración de la alcaldía del municipio se propuso un diseño de un alcantarillado pluvial que satisfaga la demanda de las precipitaciones registradas en esta zona del país.

La poca implementación de tecnologías para una recolección adecuada de las aguas lluvias, facilita que estas aguas se estanquen permitiendo la proliferación de mosquitos y zancudos transmisores de enfermedades tales como el dengue y dengue grave, convirtiéndose en un riesgo para la salud pública. (Anexo 1).

Adicionalmente, la falta de un alcantarillado pluvial en el municipio genera inconvenientes como el deterioro de la infraestructura pública, erosión en las vías sin pavimentar y problemas de movilidad lo cual se puede resolver con un diseño adecuado de alcantarillado. (Anexo 2).

El alcantarillado pluvial tiene como su principal función la conducción de aguas lluvias hasta sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de la población, también permite la independización de un sistema de alcantarillado de aguas residuales que resulta adecuado para la protección de los recursos hídricos dentro de la región.

Este proyecto de investigación además de plantear opciones convencionales para la recolección y transporte de aguas lluvias, revisará nuevas tendencias para el manejo de estas aguas que faciliten el desarrollo de propuestas complementarias, de la misma forma trabajará con herramientas tecnológicas como un software libre, que garantice y de respaldo a los diseños realizados.

El estudio y diseño de la red de alcantarillado pluvial del municipio del Valle de san José esta principalmente enfocado en solucionar los problemas del manejo de aguas lluvias permitiendo encausarlas y depositarlas en sitios donde no provoque ningún daño a la población ni al ecosistema, al mismo tiempo permitirá mejorar la calidad de vida de los habitantes garantizando la disminución de enfermedades asociadas al problema de las aguas estancadas. El proyecto de estudio cuenta con una extensión aproximada de 18 [Ha] y beneficiara aproximadamente a 1768 habitantes [2] que se encuentran en el casco urbano.

El objetivo de esta investigación es proponer un diseño del alcantarillado pluvial que garantice un buen funcionamiento y evite sobre costos a la hora de su ejecución, además garantizar el mejor trazado por donde irán las tuberías de desagüe, la buena ubicación de los sumideros y pozos de inspección del sistema.

## 1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la mayoría de las ciudades surge la necesidad prioritaria de desalojar las aguas lluvia para evitar problemas que pueden afectar la sana convivencia como inundaciones urbanas. Esto se puede solucionar a través de una infraestructura básica sanitaria, que permita evacuar las aguas superficiales.

La poca implementación de tecnologías para una recolección adecuada de las aguas lluvia, facilita que estas aguas se estanquen permitiendo la proliferación de mosquitos y zancudos transmisores de enfermedades tales como el dengue y dengue grave, convirtiéndose en un riesgo para la salud pública. Todos estos problemas no garantizan un buen saneamiento básico que es fundamental para permitir el digno derecho a vivir como lo indica la constitución colombiana.

Según la (OMS) *Saneamiento básico* es la tecnología de más bajo costo que permite eliminar higiénicamente las excretas y aguas residuales y tener un medio ambiente limpio y sano tanto en la vivienda como en las proximidades de los usuarios. Además el saneamiento comprende hábitos higiénicos personales y comunitarios que tienen como meta proteger y promover la salud de los integrantes de la comunidad como por ejemplo: lavado de manos hervir el agua, no tirar basuras no quemar los desperdicios potabilizar el agua entre otros.

En Colombia se cuenta con una cobertura actual de saneamiento del 73% y además el 7.4% de la población vive en viviendas con servicios inadecuados, tales como acueducto y alcantarillado. Así mismo Santander cuenta con 72.2% del servicio de alcantarillado (CENSO DANE 2005), el cual es bajo teniendo en cuenta que en la actualidad se cuenta con disponibilidad de oferta de soluciones de alcantarillado y tratamiento de aguas.

El alcantarillado pluvial tiene como su principal función la conducción de aguas lluvias hasta sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de la población, la independización de estas aguas de un alcantarillado sanitario resulta conveniente porque evita la contaminación de las aguas lluvias ayudando a la protección de los recursos hídricos.

## 2 JUSTIFICACIÓN

El municipio del Valle de San José ubicado en el departamento de Santander, necesita del sistema de alcantarillado pluvial, puesto que hasta el momento solo cuenta con un sistema de alcantarillado de aguas servidas al cual llegan las aguas lluvias de los techos y los patios de las casas. En épocas de precipitación, el sistema de alcantarillado sanitario existente sobrepasa su capacidad hidráulica, generando malestar en la comunidad por los malos olores, presencia de aguas negras por sitios públicos y por la acumulación de las aguas contaminadas que pueden causar la propagación de enfermedades asociadas a estas.

Adicionalmente, la falta de un alcantarillado pluvial en el municipio genera inconvenientes como el deterioro de la infraestructura pública, erosión en las vías sin pavimentar y problemas de movilidad lo cual se puede resolver con un diseño adecuado de alcantarillado.

Este proyecto de investigación además de plantear opciones convencionales para la recolección y transporte de aguas lluvia, revisará nuevas tendencias para el manejo de aguas lluvias que faciliten el desarrollo de propuestas complementarias, de la misma forma trabajará con herramientas tecnológicas como software que garanticen y den respaldo a los diseños realizados.

Una vez realizado este proyecto de investigación servirá para el diseño de obras civiles relacionadas con el manejo de aguas lluvia al igual que de soporte para otros diseños similares en la región.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Proponer el diseño del alcantarillado pluvial del municipio de **VALLE DE SAN JOSÉ- SANTANDER**, basándose en los requisitos del reglamento técnico colombiano y la aplicación de las nuevas tendencias para el manejo de aguas lluvia.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar los criterios técnicos para la aplicación del alcantarillado pluvial en las condiciones locales.
- Analizar alternativas para el trazado y elaboración de un alcantarillado pluvial.
- Plantear el diseño del alcantarillado pluvial considerando principios de eficiencia, operación y mantenimiento que se adapten a las condiciones locales y nuevas tendencias para el manejo de aguas lluvias.

## 4 MARCO REFERENCIAL

### 4.1 Localización del proyecto.

El municipio de Valle de San José Santander-Colombia



Figura 1. Municipio de Valle de San José Santander Colombia fuente. Google Maps

### 4.2 Geografía

#### 4.2.1 Descripción Física:

Ubicado sobre la cordillera oriental de los andes y encajado sobre las féculas laderas de la provincia de Guanentá, hacia la margen oriental del río Fonce, el Valle de San José está ampliamente regado por los ríos Fonce, Monas, Guare y por las quebradas Sobacuta, la Molinera, la Antigua, Salitre, la Vega y otras que recorren y riegan generosamente las 13 veredas del municipio.

## Ubicación en el departamento

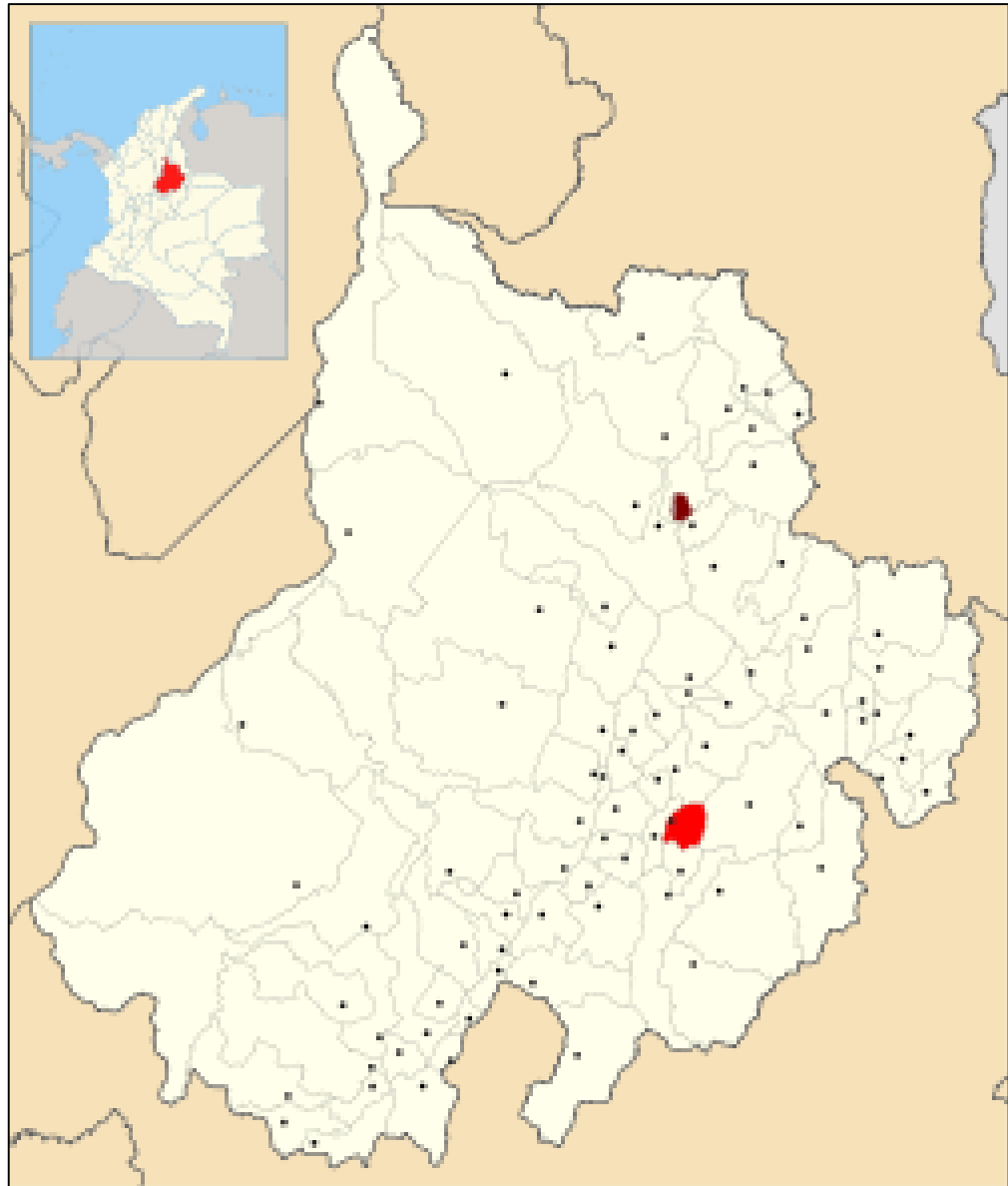


Figura 2. Ubicación del municipio de Valle de San José Santander Colombia fuente. Google Maps

#### 4.2.2 Límites del municipio:

Es un municipio de Santander ubicado sobre la cordillera oriental y en cajado en la provincia de Guanenta hacia la margen oriental del río Fonce, formado por los ríos Mogoticos, Tàquiza y Pienta. Su extensión es de 84 km<sup>2</sup>, limita al norte con el municipio de San Gil, al oriente con el municipio de Mogotes, al sur con el municipio de Ocamonte y al occidente con el municipio del Páramo.



**Figura 3.** Ubicación del municipio de Valle de San José Santander Colombia fuente. Google maps

Se encuentra a una distancia de 110 km. De la ciudad de Bucaramanga capital del departamento de Santander, a 12 km. de San Gil, comunicado por carretera pavimentada en buen estado.

<b>Extensión total:</b>	99 Km2
<b>Extensión área urbana:</b>	2 Km2
<b>Extensión área rural:</b>	82 Km2
<b>Altitud de la cabecera municipal</b>	
<b>(Metros sobre el nivel del mar):</b>	1250
<b>Temperatura media:</b>	22° C
<b>Distancia de referencia:</b>	110 KMS A BUCARAMANGA

#### **4.2.3 Ecología:**

Los suelos del municipio del Valle De San José son de textura franco – arcillosa y arcillo – arenosa, fértiles. Un 78% pueden ser destinados a la producción, siempre y cuando se tengan en cuenta las restricciones, características ambientales y demás aspectos que aseguren el adecuado manejo del territorio.

El relieve en general es montañoso, generando abundantes microclimas y cambios climáticos en cortas distancias; las lluvias son frecuentes en abril mayo, junio, julio, septiembre, octubre, y noviembre, con periodos menos húmedos en los meses restantes.

#### **4.2.4 Economía:**

El Valle De San José cuenta con un suelo arcilloso y arcilloso-arenoso, en una extensión de 76.5kms de los cuales el 95% es apto para la agricultura. Municipio cafetero por excelencia donde se catan las mejores tazas de café del país por sus notas achocolatadas, sin embargo la caña de azúcar para la producción de panela es una fuente importante de ingresos y generación de empleo. Por lo anterior existen en el municipio fincas cafeteras en la tarea de producción de cafés especiales, otras especializadas en la producción de panelas y otras tantas con los dos cultivos. La ganadería ocupa en renglón importante en la economía del municipio.

#### 4.2.5 Vías de comunicación:

**Terrestres:** La provincia Guanentina presenta una articulación importante debido a la presencia de la vía primaria que comunica a Bucaramanga con la capital del país. Los municipios de Charalá, Páramo, Ocamonte y Valle de San José poseen vías secundarias pavimentadas que dinamizan el desarrollo comercial y agroindustrial del territorio puesto que la principal vía de acceso es carretable pavimentada y como medio de transporte existen rutas de tránsito intermunicipal. Con el Municipio de Mogotes se comunica a través de carretera terciaria en regulares condiciones. Es importante destacar que la infraestructura vial de la subregión posibilita un corredor turístico de mucho futuro económico. El Valle de San José, dista de Bucaramanga, capital del departamento en 110 Kilómetros por carretera pavimentada en buen estado y a 12 Kilómetros en pavimento, de la capital del núcleo de desarrollo provincial-turístico San Gil. La malla vial urbana se encuentra en regular condiciones ya que la mayoría de calles y carreras son en su gran mayoría en pavimento rígido y algunas en piedra labrada. La malla vial rural son vías terciarias destapadas, aproximadamente 178 kilómetros (carreteras y ramales), las cuales presentan tramos muy importantes con placa- huella en cemento.

## 5 ALCANTARILLADO PLUVIAL

El alcantarillado pluvial sirve para desalojar el agua de lluvia, para evitar inundaciones de viviendas, evitar el deterioro de la infraestructura vial y evitar brotes de enfermedades asociadas al estancamiento de este tipo de aguas la urbanización incrementa los volúmenes de agua de lluvia que escurren superficialmente por la impermeabilidad del tipo de suelo.

Un sistema de alcantarillado pluvial se compone de tuberías sumideros e instalaciones que permiten el rápido desalojo de aguas para evitar daños.

### 5.1 Zonas de descarga.

Las zonas de descarga que se escojan para el trazado realizado son aquellas que garanticen una total recolección de estas mismas, también que se garantice que a futuro puede soportar los caudales solicitados se ubicaron dentro de la zona perimetral del municipio la quebrada la “quinta” ubicada en la zona sur occidental del municipio y la quebrada “el cementerio” ubicada en la zona norte del municipio, con estas dos quebradas prestando la función de vertedero del sistema se puede garantizar la evacuación total de aguas lluvia que recoja el sistema.



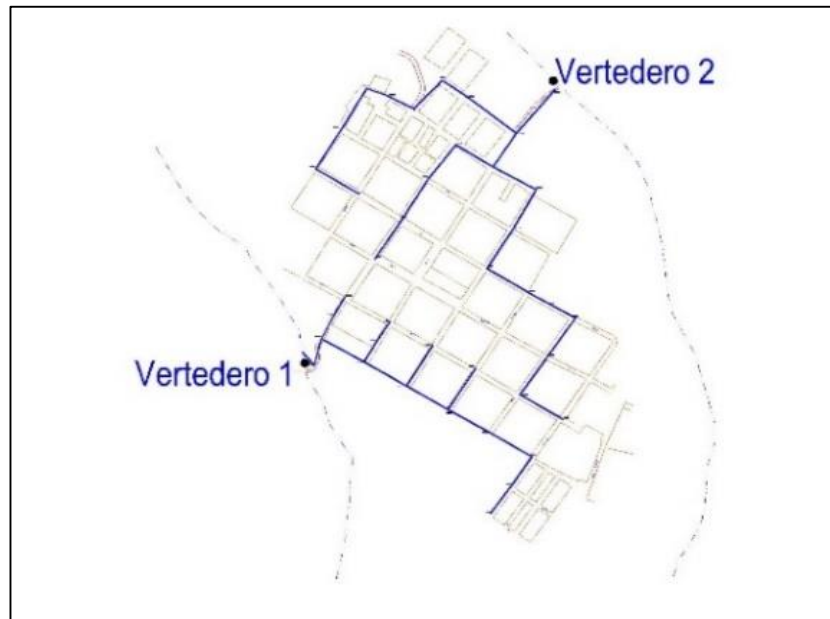
**Figura 4.** Zona de descarga 1 “el cementerio” fuente autores



Figura 5. Zona de descarga 2 "quebrada la quinta" fuente autores

## 5.2 Trazado realizado.

El trazado realizado (Figura 6.) se basó principalmente en aprovechar las pendientes del terreno al igual el aprovechamiento de las vías que se encuentran sin pavimentación, se dividió el trazado en dos redes independientes con su respectiva zona de descarga estos dos trazados garantizan la total recolección de aguas lluvias del municipio del mismo modo redujo el impacto a la infraestructura vial en un 70%. Ver Anexo 1.



**Figura 6.** Trazado óptimo y zonas de descarga  
*Fuente autores*

### **5.3 Parámetros hidráulicos.**

Los parámetros de evaluación utilizados para el diseño de los sistemas de alcantarillado del casco urbano del municipio Valle de San José, son los dados por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000) de Colombia. Para el diseño del sistema de aguas lluvias, se tuvo en cuenta los requerimientos dados por el Reglamento en el numeral D.4. Y algunas consideraciones expuestas por la “Guía para el diseño hidráulico de redes de alcantarillado EPM año 2009”.

### **5.4 Caudal de Diseño.**

Según las recomendaciones del Título D<sup>1</sup> del RAS-2000 se utiliza el método racional para la determinación de los caudales de diseño, este método es adecuado para el cálculo de los caudales generados en superficies menores de 700 Ha. Este método establece que el caudal superficial producido por una precipitación es:

---

<sup>1</sup> TÍTULO D. RAS-2000. Sistema de recolección y evacuación de agua residuales domésticas y pluviales.

$$Q = C \times I \times A$$

Ecuación 1. Método Racional

Donde:

**Q** = caudal superficial (L/s)

**C** = coeficiente de escorrentía (adimensional)

**I** = intensidad promedio de la lluvia (L/s\* ha)

**A** = área de drenaje (ha)

## 5.5 Áreas de Drenaje

Las áreas de influencia del municipio son aportantes al sistema en su totalidad esto debido a la topografía existente en esta región del país se aprovecharon las pendientes para recoger estas aguas en sitios específicos por medio de sumideros ubicados específicamente, las áreas de influencia se calcularon en el plano de AutoCAD suministrado por el municipio en este se puede observar los detalles del mismo en planta y las pendientes presentadas. Ver Anexo 2.

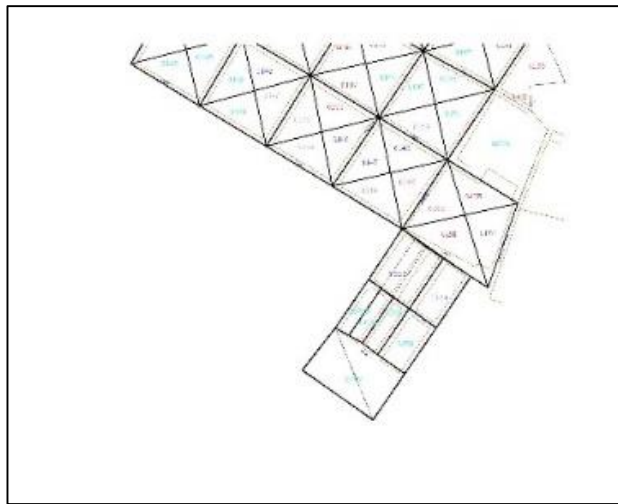


Figura 7. Áreas de drenaje del municipio. Fuente autores

## 5.6 Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía tiene un significado similar al del coeficiente de retorno en el cálculo de alcantarillado. No toda el agua lluvia precipitada llega al sistema del alcantarillado, pues parte se pierde por factores tales como evaporización, intercepción vegetal, detención superficial en cunetas, zanjas o depresiones, y por infiltración. De todos los factores anteriores el de mayor importancia es la infiltración, el cual es función de la impermeabilidad del terreno, por lo que en algunos casos se le llama coeficiente de impermeabilidad. “El coeficiente de escorrentía tiene en cuenta el coeficiente de impermeabilidad que está relacionado con el tipo de superficie del área de drenaje, además de involucrar la pendiente promedio de la cuenca de drenaje como se muestra en la Ecuación:”<sup>2</sup>

$$C = 0.14 + 0.65 * I + 0.05 * S$$

**Ecuación 2.** Coeficiente de Escorrentía.

I = Coeficiente de impermeabilidad (adimensional)

S = Pendiente promedio del área tributaria (m/m).

El coeficiente de impermeabilidad, I, es función del tipo del suelo de la cuenca, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y de todos aquellos otros factores que determinan qué parte de la precipitación se convierte en escorrentía. Se hace uso de los coeficientes de impermeabilidad que se presentan en la Tabla 5-1 de la guía de diseño de la epm<sup>3</sup>.

Según el título D.4.3.6 de la RAS-2000 para áreas de drenaje que incluyan sub áreas con coeficientes de escorrentía diferentes, el valor de C representativo del área debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas:

$$C = \frac{\sum C * A}{\sum A}$$

**Ecuación 3.** Coeficiente de Escorrentía promedio.

---

<sup>2</sup> GUÍA PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO DE REDES DE ALCANTARILLADO. epm. Colombia. Edición 2009. P.31.

<sup>3</sup> epm. Empresas Públicas de Medellín. Colombia.

## 5.7 Intensidad de Precipitación

La intensidad de precipitación que debe usarse en la estimación del caudal pico de aguas lluvias, corresponde a la intensidad media de precipitación dada por las curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF), para el periodo de retorno de diseño definido y una precipitación equivalente al tiempo de concentración de la escorrentía. Para el caso del diseño del alcantarillado del proyecto se ha tomado la curva desarrollada por métodos estadísticos, puesto que solo se cuenta con datos pluviométricos.

### Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

Las curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia), son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno. Se trata de una representación gráfica de cómo de intensa es una precipitación en función de cuánto dura el episodio de lluvias y con qué probabilidad puede excederse ese episodio de lluvias.

El proceso para obtener curvas IDF (intensidad, duración y frecuencia) combina tratamientos probabilísticos de datos de lluvia, con tratamientos matemáticos de variables que posteriormente conformarán la expresión que permitirá la elaboración de las curvas de intensidad en función de tiempo de lluvia y periodo de retorno.

La distribución de probabilidad de Gumbel es utilizada en calcular las precipitaciones diarias máximas probables para distintas frecuencias, en la realización de los cálculos mediante Gumbel se han tomado los datos de precipitación máxima mensual en 24 horas, del IDEAM<sup>4</sup>, correspondiente al municipio de Valle de San José-Santander-Colombia.

En el cálculo de las precipitaciones diarias máximas probables para distintas frecuencias se toma el valor máximo mensual en 24 horas de cada año y con esto se calcula las variables probabilísticas:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 67.31mm$$

**Ecuación 4.** Promedio de la serie

Donde  $x_i$  es valor máximo mensual en 24 horas de cada año y  $n$  es el número de años con datos de precipitación

---

<sup>4</sup> IDEAN. Instituto de Meteorología, Hidrología Y Medio Ambiente. Colombia

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 19.59mm$$

**Ecuación 5.** Desviación estándar

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 15.28mm$$

**Ecuación 6.** Coeficiente ( $\alpha$ )

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 58.49mm$$

**Ecuación 7.** Coeficiente ( $u$ )

La variable reducida (YT) se obtiene con los periodos de retorno (Tr) que se desean calcular en las curvas IDF, para este caso se tendrán en cuenta periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 años

$$YT = -LN(LN(Tr/(Tr-1))) = 1.4999$$

**Ecuación 8.** Variable reducida

$$P = u + (\alpha * YT) = 81.41mm$$

**Ecuación 9.** Precipitación (XT)

Para la precipitación se le hace una corrección por intervalo fijo con un intervalo de 1.13, con el fin de asemejar más los valores de precipitación a los reales.

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}} = 0.8$$

**Ecuación 10.** Probabilidad de ocurrencia (F (XT))

Para el cálculo de las precipitaciones máximas (Pd) para diferentes tiempos de duración de lluvias se utilizan los valores de precipitación corregida y se multiplican por los coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas, esto se hace

ya que para el cálculo de las curvas IDF se requieren datos de precipitación de duraciones en diferentes tiempos.

Precipitación de dos horas para un TR de 5 años. Ecuación 9.

$$P = 0.39 * 72.1266 = 35.88mm$$

Teniendo las diferentes Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración podemos calcular las intensidades de lluvia a partir de Pd, según duración de precipitación y frecuencia de la misma.

Intensidad para dos horas con Tr de 5 años

$$I = \frac{P[mm]}{t[hr]} = 17.94mm/hr$$

**Ecuación 11.** Intensidad.

Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno echa por Aparicio en 1997:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

**Ecuación 12.** Sintética Intensidad.

I= intensidad (mm/hr)

T= duración de la lluvia (min)

T= periodo de retorno

K,m,n= parámetros de ajuste

En el cálculo de n se realiza un cambio de variable como en la Ecuación 12:

$$d = K \cdot T^m$$

De la Ecuación 12 se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

Realizando una regresión potencial para cada periodo de retorno se obtiene el valor del parámetro n. En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión potencial entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de k y m de la ecuación de la sustitución echa a la Ecuación 12:

$$d = K \cdot T^m$$

Habiendo realizado los cálculos anteriores podemos completar la ecuación 12 de intensidad-duración-frecuencia correspondiente al municipio de Valle de San José, la cual quedaría:

$$I = \frac{270.4598 \cdot T^{0.154323}}{t^{0.61885}}$$

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Los cálculos completos se encuentran en el Anexo 3.

## 5.8 Periodo de Retorno de Diseño

El periodo de retorno de diseño se determina de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular, comercio, industria, etc. La selección del periodo de retorno está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio. En la Tabla D.4.2 del reglamento RAS-2000 se establecen los valores de periodos de retorno. Para el caso del proyecto en acción se maneja un periodo de retorno de 5 años.

## 5.9 Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda el agua en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el colector, es decir, es el tiempo requerido desde el comienzo de la lluvia para que toda el área este contribuyendo al colector en cuestión. El tiempo de concentración está compuesto por el tiempo de entrada y el tiempo de recorrido en el colector. El tiempo de entrada corresponde al tiempo requerido para que la escorrentía llegue al sumidero del colector, mientras que el tiempo de recorrido se asocia con el tiempo de viaje o tránsito del agua dentro del

colector.  $T_c = T_e + T_t$  La norma RAS-2.000 en el título D.4.3.7 recomienda que el tiempo de concentración total o duración de la lluvia de diseño para tramos iniciales (arranques) sea superior a diez minutos e inferior a 20.

Según el RAS-2000 título D.4.3.7.1 el tiempo de entrada ( $T_e$ ) es:

$$T_e = \frac{0.707 * (1.1 - I) * L^{1/2}}{S^{1/3}}$$

**Ecuación 13.** Tiempo De Entrada.

$I$  = Coeficiente de impermeabilidad (adimensional).

$L$  = Longitud máxima de flujo de escorrentía superficial (m).

$S$  = Pendiente promedio entre punto más alejado y el punto de entrada a la red (m/m).

Para tramos intermedios el valor de ( $T_e$ ) se toma como el mayor tiempo de concentración de los tramos que se conecten a este.

RAS-2000 título D.4.3.7.2 Tiempo de recorrido,  $T_t$

$$T_t = \frac{Lc}{60 * v}$$

**Ecuación 14.** Tiempo de recorrido

## **5.10 Parámetros de Diseño D.3.2. RAS-2000.**

### **5.10.1 Diámetro Mínimo**

Para la red de tuberías del alcantarillado pluvial convencional, se especifica el diámetro mínimo de 10" (250mm). Sin embargo con la debida justificación, es posible reducir el diámetro mínimo a 8" (200 mm) en los tramos iniciales de poblaciones pequeñas, el diámetro mínimo de los colectores para el presente diseño será de 10".

### **5.10.2 Velocidad Mínima.**

La velocidad mínima requerida en los alcantarillados pluviales se especifica con el objeto de tener una tubería auto limpiante. El reglamento del RAS establece una velocidad mínima real de 0.75 m/s para el caudal de diseño. En cada tramo se verifica el comportamiento auto limpiante del flujo, para lo cual se utiliza el criterio de esfuerzo cortante medio. Se establece, por lo tanto, que el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 3,0 N/m<sup>2</sup> (0,3 Kg/m<sup>2</sup>) para el caudal de diseño.

### **5.10.3 Velocidad Máxima.**

Para aguas con cantidades no significativas de sedimentos suspendidos, la velocidad máxima es función del material de la tubería. En la medida en que el tamaño de los sólidos aumenta, se debe reducir la velocidad a causa de la posible abrasión de la tubería. Para nuestro caso el material a utilizar es pvc lo cual nos permite velocidades máximas de 10 m/s

### **5.10.4 Pendiente Mínima.**

El valor de la pendiente mínima del colector debe ser aquel que permita tener condiciones de auto limpieza, de acuerdo con los criterios de la velocidad mínima especificados en reglamento RAS2000.

### **5.10.5 Pendiente Máxima.**

El valor de la pendiente máxima admisible es aquella para la cual se tenga una velocidad máxima real, según los criterios especificados en el reglamento RAS-2000.

### **5.10.6 Profundidad Hidráulica Máxima.**

La profundidad hidráulica máxima en colectores de aguas lluvias puede ser la correspondiente aflujo lleno.

### **5.10.7 Profundidad Mínima a la Cota Clave.**

Los colectores deben estar a una profundidad mínima a cota clave de 1.20 m cuando se encuentren bajo vías vehiculares y a 0.75 m en vías peatonales (RAS 2.000 Tabla D.3.11).

### **5.10.8 Profundidad Máxima a la Cota Clave.**

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

## **6 NUEVAS TECNOLOGÍAS.**

### **6.1 Trenchless.**

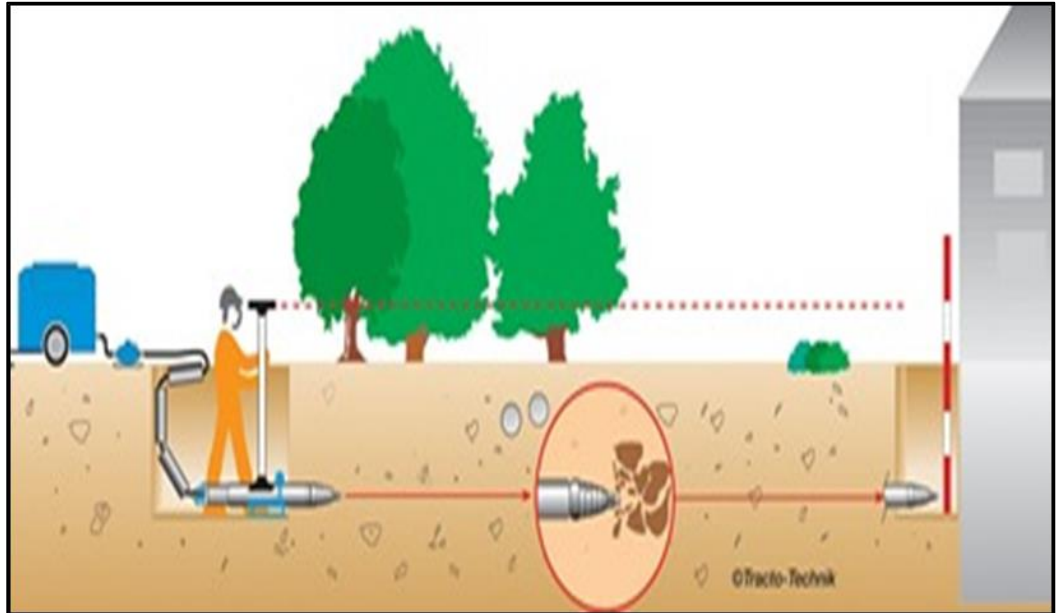
Son los métodos y equipos utilizados para la instalación y reemplazo de tuberías subterráneas "Sin excavación de zanjas", por debajo de calles, andenes, carreteras, vías férreas, caños, quebradas y ríos, que hacen posible instalar tuberías de acueducto, alcantarillado, gas, riego, oleoductos, cables de energía, alumbrado, semaforización, fibra óptica, etc., en menor tiempo, a menor costo, causando el menor impacto a la superficie y superando obstáculos imposibles de superar con los métodos tradicionales de excavación de zanjas.

### **6.2 Beneficios de este método.**

**MENORES COSTOS.** Menos excavaciones, menos escombros, menos reparaciones, menos materiales, menor tiempo de obra.

**MENOR IMPACTO URBANO.** No se rompen ni interrumpen las vías ni los andenes. Se minimizan las molestias, incomodidades y perjuicios económicos a los ciudadanos.

**MENOR TIEMPO.** Rápida ejecución de las obras, menor tiempo de suspensión de los servicios, y por lo tanto menores costos.



**Figura 8.** Nuevas tecnologías método TRENCHLESS Fuente <http://www.centrasas.com/trenchless--sin-zanja.html>



**Figura 9.** Nuevas tecnologías método TRENCHLESS Fuente <http://www.centrasas.com/trenchless--sin-zanja.html>

Este método no es aplicable al proyecto debido a que el alquiler de un tipo de herramienta como esta sería muy costoso además el trazado realizado para el proyecto fue aquel que aprovecho las vías sin pavimentar pudiendo de esta manera romperlas sin ocasionar sobrecostos para el proyecto.

### 6.3 Tapas plásticas para pozos de inspección (MADERPLAST)

Tapas plásticas MADERPLAST S.A. Para alcantarillas, son fuertes, no las destruyen, son anti vandalismo, no son reciclables, por lo tanto no se las roban, y la guaya de seguridad evita el robo y traslado de la tapa.

Todo lo que las empresas de acueductos y alcantarillados requieran en metal, se puede hacer en plásticos Maderplast, con las ventajas que no se oxidan, no requieren de mantenimientos, son elementos de infraestructuras, hasta elementos simples, como compuertas y tapas de medidores, sistema de monitoreo y los que usted quiera cuente con Maderplast.

Estas tapas para pozos son aplicables para el proyecto es una nueva tecnología que se está utilizando para evitar todos los contratiempos que se presentan al colocar tapas de hierro. Además de su fácil manipulación para transporte e instalación.



**Figura 10.** Nuevas tecnologías tapas para pozos Maderplast Fuente <http://www.maderplast.com/1-9-acueductos-y-alcantarillados.html>

#### 6.4 Soluciones hidropluviales.

Una de las soluciones para hacer frente a la escasez de agua es el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia, tradición milenaria que se practica desde hace 5000 años. A lo largo de distintas épocas, culturas en todo el mundo desarrollaron métodos para recoger y utilizar el recurso pluvial, sin embargo con el progreso de los sistemas de distribución entubada, estas prácticas se fueron abandonando. Ahora ante el reto que supone el aumento de la población y la escasez del suministro, tanto en las zonas urbanas como rurales, la captación de agua de lluvia y nuevos sistemas para su correcta gestión, vuelven a verse como una solución para ahorrar y aumentar las reservas de agua.

En países como Inglaterra, Alemania, Japón o Singapur, el agua de la lluvia se aprovecha en edificios que cuentan con el sistema de recolección, para después utilizarla en los baños o en el combate a incendios, lo cual representa un ahorro del 15% del recurso.

En la India se utiliza principalmente para regadío, pero cada vez se desarrollan más políticas encaminadas a la captación en ciudades como Bangalore o Delhi.



**Figura 11.** Nuevas tecnologías soluciones hidropluviales Fuente <http://hidropluviales.com/?p=621html>

En la República Popular de China se resolvió el problema de abastecimiento de agua a cinco millones de personas con la aplicación de tecnologías de captación de agua de lluvia en 15 provincias después del proyecto piloto “121” aplicado en la región de Gainsu.



**Figura 12.** Nuevas tecnologías soluciones hidropluviales Fuente <http://hidropluviales.com/?p=621html>

## **Beneficios de la cosecha de lluvia**

### **Económicos**

- El agua de lluvia es un recurso gratuito y fácil de mantener. Relativamente limpio que se puede utilizar en actividades que no requieran de su consumo.
- Reducción en las tarifas de agua potable entubada por la disminución en su uso, ya sea en sanitarios, para lavar (superficies, vehículos o ropa), riego de jardines o cultivos, entre otras posibilidades

## Medioambientales

- Recargar los acuíferos abatidos.
- Conservación de las reservas de agua potable (ríos, lagos, humedales)
- Fomenta una cultura de conservación y uso óptimo del agua

## Sociales

- Disminuir el volumen de agua lluvia que entra al sistema de drenaje combinado (sanitario y pluvial), evitando que se sature y reduciendo las inundaciones y el volumen de descargas de aguas negras. Aumentando su disponibilidad para otros usos.
- Reducir la utilización de energía y de químicos necesarios para tratar el agua de lluvia en la ciudad, disminuyendo también el gasto que genera mover y tratar el agua negra del drenaje a distancias lejanas.
- Aminorar el volumen de agua potable usada en aplicaciones no potables (sanitarios) o de consumo humano (regar jardín).

Aun cuando las ventajas son numerosas, es necesario indicar también que los sistemas de captación de agua de lluvia cuentan con algunas desventajas tales como:

- Depender directamente de la cantidad de precipitación presentada en la zona.
- La instalación de sistemas adecuados representa una inversión inicial que tarda unos años en amortizarse.
- Se debe tener cuidado con posible contaminación del agua por materia orgánica o animales, razón por la que debe pasar por un proceso de limpieza antes de ser almacenada en un lugar seguro y bien cerrado.

## **7 DISEÑO METODOLÓGICO.**

### **7.1 Fase 1.**

Consulta y Revisión bibliográfica, consultar las normas técnicas colombianas, específicamente la sección II título D del (RAS 2000) así mismo revisar otras normas de empresas de alcantarillado del país. Revisar los conceptos relacionados con factibilidad, diseño, alcance y operación del sistema de alcantarillado pluvial, también identificar las nuevas tendencias en el manejo de aguas lluvia en la actualidad.

De igual forma se recopilaran datos necesarios para el diseño del alcantarillado pluvial en el Valle de San José tales como:

Planos urbanos, levantamientos topográficos, catastro y urbanización, cuencas hídricas, precipitaciones presentes en la zona, en el municipio Valle de San José

### **7.2 Fase 2.**

Realizar el reconocimiento de las posibles zonas de descarga del alcantarillado, teniendo en cuenta que la descarga no perjudique el medio ambiente, no provoque posibles desbordes de canal ni perjudique construcciones aledañas.

Determinar un trazado óptimo del sistema pluvial para economizar los costos de construcción en cuanto a cantidad de materiales, pero logrando una cobertura total de manejo de aguas lluvias en el casco urbano de municipio, considerando aspectos de topografía e hidrología.

### **7.3 Fase 3.**

Proponer el diseño del alcantarillado pluvial con la consideración de las nuevas tendencias para el manejo de aguas lluvia.

Modelar el diseño propuesto en un software libre que permita corroborar y comprobar el diseño planteado y que de respaldo a la investigación realizada.

## **7.4 Fase 4.**

Culminación y defensa del proyecto

## 8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trazado del sistema de alcantarillado se realiza teniendo en cuenta el diseño del trazado urbanístico, las cotas correspondientes a la superficie vial y los valores descritos por el título D.6 de la RAS-2000 para distancia entre pozos.

Las hojas de cálculo realizadas para el diseño del alcantarillado pluvial del municipio de Valle de San José se encuentran en el Anexo 4.

Una vez ubicado los pozos entre intercesiones de calles y a las distancias adecuadas para que la conexión entre pozos sea recta, se dispone a sacar pendientes y longitudes de tramos de acuerdo a las cotas de la superficie vial en donde se ubicó los pozos y su longitud en planta.

Ejemplo del primer tramo del proyecto, para un periodo de retorno de 5años.

Nomenclatura pozos ejemplo:

(K3-01): (primer pozo), cota rasante: 1285.59 msnm.

(k3-1A): (segundo pozo), cota rasante: 1281.30 msnm.

Primer tramo del alcantarillado ira del pozo (K3-01) al pozo (k3-1A) el cual tiene una longitud en planta de: 54.46 m (sacadas del modelo en AutoCAD) y tiene un área parcial de aporte de 0.407 ha (calculado mediante análisis de modelos de Google Earth), donde la longitud de entrada al sistema es de 92.39 m (calculado mediante análisis de modelos de Google Earth).

En base a estos datos, a los parámetros para el cálculo del caudal de diseño y a los parámetros hidrológicos podemos calcular:

### 8.1 Longitud del tramo

Se realiza mediante Pitágoras en donde los catetos son la diferencia entre cotas de los pozos y la longitud en planta.

$$L_t = \sqrt{(1285.59 - 1281.30)^2 + (54.46)^2} = 53.43m$$

Ecuación 15. Longitud Tramo

## 8.2 Pendiente promedio del terreno (s)

Para la pendiente promedio del terreno de aporte externo se asumió la pendiente de la calle uno.

$$S = 17.3m / m$$

## 8.3 Coeficiente de impermeabilidad (I)

Se toma como 0.3 debido a la vegetación aledaña al proyecto (Tabla 5-1 de la epm)

## 8.4 Coeficiente de escorrentía

De la ecuación 2.

$$C = 0.14 + 0.65 * I + 0.05 * S$$

$$C = 0.14 + 0.65 * 0.3 + 0.05 * 0.173 = 0.344[ad]$$

## 8.5 Tiempo de recorrido

Para este cálculo se asume una velocidad, la cual debe ser comparada con la velocidad resultante después de realizado el diseño hidráulico, estas dos velocidades no deben exceder el uno por ciento de error.

Como ya se ha realizado este diseño se tomara una velocidad de: 3.451m/s

De la ecuación 14.

$$Tt = \frac{Lc}{60 * v}$$

$$Tt = \frac{53.43}{60 * 3.451} = 0.258 \text{ min}$$

## 8.6 Tiempo de entrada

De la ecuación 13

$$T_e = \frac{0.707 * (1.1 - 0.3) * 53.43^{1/2}}{0.173^{1/3}} = 9.757 \text{ min}$$

## 8.7 Tiempo de concentración

$$T_c = T_e + T_t$$

Ecuación 16. Tiempo de Concentración.

$$T_c = 9.757 + 0.258 = 10.015 \text{ min}$$

Como el tiempo de concentración es mayor a diez minutos por norma RAS-2000 se toma como tiempo de concentración 10.015 minutos.

## 8.8 Intensidad media

De la ecuación 12

La intensidad se multiplica por 100 y se divide en 36 para pasarla a litros segundo por hectárea

$$I = \frac{270.4598 * 5^{0.154323}}{10.015^{0.61885}} * \frac{100}{36} = 231.431 [lps / ha]$$

## 8.9 Caudal de agua lluvia método racional

De la ecuación 1.

$$Q = 0.344 * 231.431 * 0.407 = 32.4 [lps]$$

### 8.10 Diámetro (D)

Para el proyecto el diámetro inicial es 250mm (10 pulgadas) requerimiento mínimo por la RAS-2000.

### 8.11 Coeficiente N de Manning

Para la tubería a utilizar en el proyecto (Novafort) el N=0.009 según pavco.

### 8.12 Área Sección (As)

$$A_s = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Ecuación 17. Área de la sección circular.

$$A_s = \frac{\pi * 0.254^2}{4} = 0.05067[m^2]$$

### 8.13 Pendiente tramo (St)

$$St = \frac{cot.inicio - cot.final}{L.planta} = 0.0805[m/m]$$

Ecuación 18. Pendiente.

### 8.14 Caudal a tubo lleno (Qll)

El cálculo de caudal a tubo lleno se realiza mediante la fórmula de Manning

$$Q_{ll} = \frac{A}{N} * \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * St^{\frac{1}{2}} * 1000 = 254.2[lps]$$

Ecuación 19. Caudal a tubo lleno.

### 8.15 Relación caudal de diseño sobre caudal a tubo lleno

$$\frac{Q}{Q_{ll}} = \frac{32.4}{254.1} = 0.03$$

Relación tirante hidráulico (y) sobre D

En base a las tablas de elementos circulares obtenidas para diferentes valores de teta y suponiendo el valor del coeficiente de Manning constante en toda la tubería de allí tenemos el valor de Y/D correspondiente a la relación Q/Q<sub>ll</sub>

$$\frac{Y}{D} = 0.24$$

### 8.16 Tirante hidráulico (Y)

En base a las tablas de elementos circulares con el valor de Y/D

$$Y = \frac{Y}{D} * D$$

### 8.17 Angulo teta

$$Y = 0.06[m]$$

En base a las tablas de elementos circulares con el valor de Y/D

$$\theta = 2 * \arccos\left(1 - 2 * \frac{Y}{D}\right) = 2.05$$

Ecuación 20. Angulo teta.

### 8.18 Área parcial o mojada ( $A_p$ )

En base a las tablas de elementos circulares con el valor de  $Y/D$

$$A_p = \frac{D^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta)) = 0.0094$$

Ecuación 21. Área parcial.

### 8.19 Velocidad parcial ( $V_p$ )

$$V_p = \frac{Q}{A_p} = 3.45[m/s]$$

Ecuación 22. Velocidad parcial.

En caso de que la velocidad no sea aceptable se pueden subir o bajar los valores de las cotas de referencia de la tubería, para así aumentar o disminuir la pendiente.

### 8.20 Porcentaje de error de las velocidades (%E)

$$\%E = \left| \frac{V_p - V_s}{V_p} \right| * 100 = 0.041$$

Ecuación 23. Porcentaje de error.

Lo cual nos indica que la velocidad supuesta para el cálculo del tiempo de recorrido es válida y podemos seguir con la comprobación de auto limpieza de la tubería.

### 8.21 Radio hidráulico

$$R = \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right) = 0.036[m]$$

Ecuación 24. Radio hidráulico

### 8.22 Esfuerzo cortante medio ( $\tau$ )

$$\tau = \gamma * R * S = 28.44[N / m^2]$$

Ecuación 25. Esfuerzo cortante.

Lo que es mayor a  $3[N / m^2]$ , entonces la tubería en el tramo uno cumple con los criterios de auto limpieza.

### 8.23 Cota extra 2 inicio tramo.

Para el cálculo de esta cota se toma la cota inicial de la tubería se le resta la longitud que se desea bajar esta cota para efectos de diseño si es necesaria además se le resta la profundidad mínima a cota clave para de esta forma no incumplir la normatividad y por último se le resta la diferencia de diámetros entre el mayor en toda la red y el del tramo, para de esta manera asegurar que la tubería de mayor diámetro conserve la altura mínima a cota clave.

Entonces para el primer tramo:

$$ct.Ext\ 2in = 1285.59 - 0 - 1.2 - (0.4572 - 0.254) = 1284.18msnm$$

### 8.24 Cota extra 2 fin tramo.

Para el cálculo de esta cota se toma la cota extra dos del tramo y se le resta el producto entre la pendiente del tramo y la longitud en planta-pozo

$$ct.Ext\ 2\ fin = 1284.18 - (0.0805 * 53.26) = 1279.89msnm$$

### **8.25 Cota batea inicio tramo**

Para el cálculo de esta cota se toma la cota extra dos inicial y se le resta el diámetro de la tubería en el tramo

$$ct.bat.in = 1284.18 - 0.254 = 1283.93msnm$$

### **8.26 Cota batea fin tramo.**

Para el cálculo de esta cota se toma la cota extra dos final y se le resta el diámetro de la tubería en el tramo

$$ct.bat.fin = 1279.89 - 0.254 = 1279.64msnm$$

## **9 POZOS DE INSPECCIÓN (D.6.3.2. RAS-2000)**

Cálculos ver Anexo 4 y planos en el Anexo 1.

### **9.1 Diámetro interno de los pozos.**

En los pozos comunes el diámetro interior es generalmente de 1,20 m. Para casos especiales, el diámetro debe estar 1,5 a 2 m, dependiendo de las dimensiones de los colectores afluentes.

Para pozos comunes construidos para colectores con diámetros menores que 0,6 m, su diámetro interior debe ser de 1,2 m para permitir el manejo de varillas y demás elementos de limpieza.

Según lo anterior para los pozos se ha tomado un diámetro interno de 1.2 m, ya que el diámetro de la tubería no supera los 0.6m.

### **9.2 Diámetro de acceso al pozo.**

El diámetro del orificio de entrada es generalmente 0,6 m. Sin embargo, si la altura del pozo es menor que 1,8 m, el cuerpo del cilindro puede ser extendido hasta la superficie, donde debe disponerse de una losa como acceso.

Para los dos pozos iniciales se debe extender el cuerpo del pozo ya que la altura de los mismos son menores a 1.8m y el diámetro de entrada al pozo de 0.6 m

### **9.3 Distancia entre pozos.**

La distancia entre pozos está directamente relacionada con el urbanismo y con la utilización de equipos y métodos de limpieza de los colectores, sean éstos manuales o mecanizados. Si los métodos son manuales las distancias entre pozos son menores en relación con los métodos mecánicos. La distancia máxima entre pozos, para los primeros, está entre 100 y 120 m, y para métodos mecánicos o hidráulicos puede llegar a los 200 m. En el caso de alcantarillados sanitarios sin arrastre de sólidos, la distancia entre pozos o cajas puede ser de este orden. En emisarios o colectores principales, donde las entradas son muy restringidas o inexistentes, la distancia máxima entre estructuras de inspección puede incrementarse en función del tipo de mantenimiento, la cual puede ser del orden de 300 m. En cualquier caso, las distancias adoptadas deben ser sustentadas con base en los criterios expuestos.

Para el caso del proyecto el mantenimiento se hará manual por lo que los pozos no tendrán distancias entre ellos de más de 100m.

#### 9.4 Altura pozos.

Para el cálculo de la altura de los pozos se realiza la diferencia entre la cota de la tapa y la cota batea del tramo de salida.

Pozo (K3-01)

$$Altura = 1283.93 - 1279.64 = 1.66m$$

Pozo (K3-1A)

$$Altura = 1281.30 - 1279.54 = 1.76m$$

#### 9.5 Cota tapa

Para el tramo de inicio se toma igual a la cota inicio.

$$Cotatapa = 1517.25msnm$$

#### 9.6 $\Delta Z$ máximo.

Este valor corresponde a la diferencia máxima de altura que debe tener la cota batea de un conducto de entrada con la cota batea del tramo de salida y se calcula:

$$\Delta Z = \frac{d_{salida}}{17} \left[ 15 + \frac{Fc - 1}{(y/d)_{entrada} - 0.85} \right]$$

Ecuación 26. Delta zeta.

Inicialmente se debe determinar el factor de capacidad de la cámara (Fc). De acuerdo con la metodología de Hager y Gissoni Fc se calcula mediante la siguiente expresión:

$$F_c = 14.6 - 17.3(y/d); 0.7 < y/d < 0.75$$

**Ecuación 27.** Factor de capacidad.

Si  $y/d < 0.7$  entonces  $F_c = 2$ .

En el caso del primer pozo no hay necesidad de calcular el valor delta zeta ya que es un pozo inicial. Para el pozo dos tenemos que:

$y/d = 0.44$  entonces  $F_c = 2$ , entonces de la ecuación 26

$$\Delta z = \frac{0.254}{17} \left[ 15 + \frac{2 - 1}{0.44 - 0.85} \right] = 0.19m$$

Lo que nos indica que el valor de 0.1m que se dejó es válido.

## 10 ESTRUCTURA DE CAPTACION (SUMIDERO)

Los sumideros son las estructuras diseñadas para recolectar la escorrentía que drena a través de las calles. Estas estructuras deben ser convenientemente ubicadas y dimensionadas. Los sumideros tienen cajas o cámaras, las cuales están conectadas a la red de alcantarillado.

### 10.1 CUNETAS

Las cunetas son las depresiones en los extremos de las vías, calles o calzadas que recogen la escorrentía pluvial que drena a éstas.

#### 10.1.1 Estimación del caudal en la cuneta.

Para determinar la capacidad de un sumidero, es necesario conocer primero las características de la escorrentía en la cuneta aguas arriba de éste. La capacidad de una cuneta depende de su forma, pendiente y rugosidad. Si se conocen las pendientes transversal y longitudinal de la calle, la cuneta puede representarse como un canal abierto de sección triangular y su capacidad hidráulica puede estimarse con la fórmula de Manning de flujo uniforme. Ésta ha sido usualmente representada mediante el nomograma de Izzard que resuelve la siguiente ecuación:

(D.A.2.1) **RAS-2000**

$$Q = 0.375 * Y_0^{8/3} * (z/n) * S_0^{1/2}$$

**Ecuación 28.** Caudal en cuneta.

Donde Q es el caudal en m<sup>3</sup>/s en la cuneta, siendo (Y<sub>0</sub>) la mayor profundidad de flujo en m, 1/Z la pendiente transversal, S<sub>0</sub> la pendiente longitudinal y n el coeficiente de rugosidad de Manning.

Para el proyecto se ha dejado una pendiente transversal del 5% por lo tanto Z=20m y se pretende que sobre las vías el ancho de inundación en lo posible no pase de 1m por lo que se toma Y=0.05m y el n de Manning se toma como 0.015 para vías en concreto.

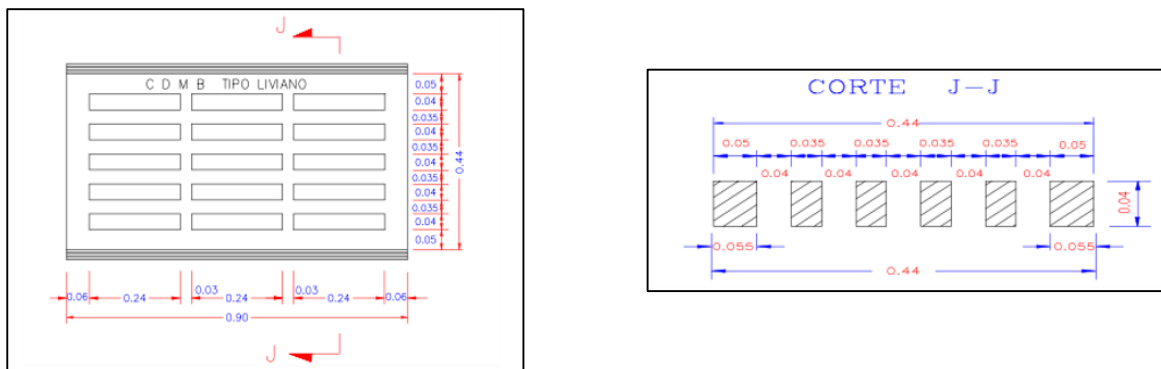
Por ejemplo se toma el primer sumidero S1 que se encuentra ubicado en la carrera tres con calle primera, en el cual se tiene una pendiente longitudinal de la vía de 0.079 m/m aguas arriba del sumidero por lo tanto de la ecuación 28:

$$Q = 0.375 * 0.05^{8/3} * (20/0.015) * 0.079^{1/2} * 1000 = 47.62[lps]$$

Por lo tanto para la ubicación del sumidero se tiene en cuenta que el caudal que llegue no exceda el calculado anterior.

En el cálculo del caudal se utiliza el método racional, para el cual se toma las áreas que aporten su escorrentía al sumidero teniendo en cuenta la topografía del lugar, entonces el caudal que llega a el sumidero es  $Q=13.79$  lps lo que nos da un  $Y=0.0314$  este valor es menor a 5cm lo que nos indica que el ancho de inundación es menor a 1m.

Para las rejillas de los sumideros se ha escogido una de las rejillas tipo que se utilizan en la ciudad de Bucaramanga.



**Figura 13.** Rejilla tipo liviano fuente CDMB, normas tecnicas para el diseno y presentacion de proyectos de alcantarillado convenio sena-camacol, 2000

Se le han hecho las comprobaciones para verificar si son las adecuadas para este proyecto estos cálculos se realizaron mediante el método de Mostkow (Ecuación 4.26) entonces la longitud real ( $L_r$ ) es:

$$L_r = \frac{Q}{e * c * b * (2 * g * E)^{1/2}}$$

**Ecuación 29.** Longitud requerida.

Donde  $e$  es función del área hueca ( $0.144\text{m}^2$ ) de la rejilla y el área de la rejilla ( $b=0.44\text{m} * L=0.9\text{m}=0.396\text{m}^2$ )

$$e = \frac{A.hueca}{A.rejilla} = 0.364$$

**Ecuación 30.** Coeficiente  $e$ .

$C$  es un coeficiente igual a 0.435 Anexo 4. Tabla 1

$E$  es la energía específica

$$E = 1.5 * Y = 0.047\text{m}$$

**Ecuación 31.** Energía específica.

Entonces  $L_r=0.21\text{m}$  lo que es menor a los  $0.9\text{m}$  que mide la rejilla tipo liviano

## 11 MODELAMIENTO EN STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM).

La tormenta Modelo de Gestión del Agua de la EPA (SWMM) es un modelo de simulación de lluvia-escorrentamiento-enrutamiento dinámico utilizado para un solo evento o largo plazo simulación (continua) de la cantidad de la escorrentía y la calidad de las zonas principalmente urbanas. El componente de la escorrentía de SWMM opera en un conjunto de áreas subcuencas que reciben la precipitación y la escorrentía y generan cargas contaminantes. La porción de enrutamiento de SWMM transporta esta escorrentía a través de un sistema de tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento / tratamiento, bombas y reguladores. SWMM un seguimiento de la cantidad y la calidad de la escorrentía generada dentro de cada subcuenca, y la tasa de flujo, la profundidad de flujo, y la calidad de agua en cada tubo y el canal durante un período de simulación dividido en múltiples pasos de tiempo.

EPA SWMM es un software de dominio público que puede ser copiado y distribuido libremente.

Procedimiento realizado.

Posteriormente de tener el diseño realizado según las normas técnicas colombianas se procede a hacer el montaje en el software libre mencionado anteriormente, a continuación se describe el procedimiento a seguir para el ingreso de datos en el programa y su procesamiento.

Dibujamos los elementos que conformaran la red como tuberías y nodos.

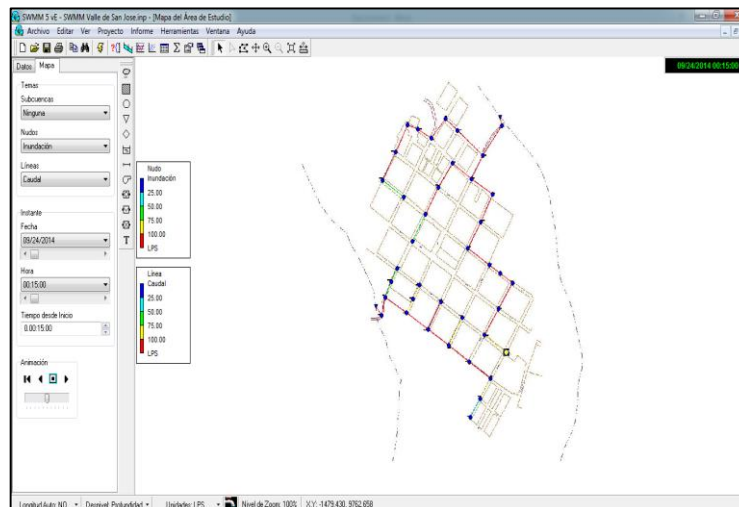


Figura 14. Imagen SWMM. Trazado alcantarillado.

## 11.1 Caudal de diseño.

Para realizar la modelación hidráulica de la red del municipio se seleccionó la opción de flujo uniforme como método de cálculo hidráulico. En este método de cálculo se incluyó el caudal de diseño de cada tramo por medio de entradas puntuales en las cámaras de inspección. Además, el programa internamente calcula el caudal que pasa por cada tramo como la suma de los caudales de aporte en la cámara inicial y el caudal de los tramos de llegada a esa cámara ingresamos los datos de caudales que previamente habíamos calculado al igual que diámetros longitudes de los tramos y las cotas de los nodos que conforman las redes. [EPM]

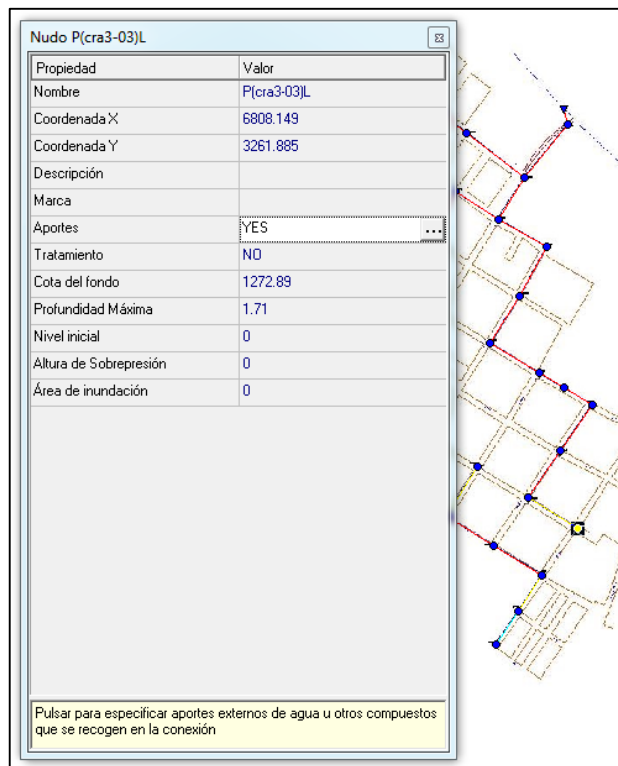


Figura 15. Nodos y aportes del trazado SWMM.

Una vez asignados los parámetros anteriormente nombrados se procede a correr el programa, analizar que no se sobrecarguen los nodos, que no estén sobrecargadas las conducciones y que las velocidades máximas no superen las permitidas por las normas técnicas colombianas. El modelamiento e informes calculados se presentan en el anexo 5.

## BIBLIOGRAFÍA.

VALLE DE SAN JOSE , SANTANDER. Alcaldía de Valle de San José, descripción física del municipio disponible en <http://www.valledesanjosesantander.gov.co/presentacion.shtml>. [Citado el 4 de junio de 2014].

APARICIO MIJARES. Francisco J. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Primera Edición. P. 165-176.

LETICIA ELIZONDO. *Cuidemos Nuestra Salud*. México. LIMUSA S.A de C.V Grupo Noriega Editores, p. 51.

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO (RAS 2000). Colombia. Título D.

GUÍA PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO DE REDES DE ALCANTARILLADO. epm. Colombia. Edición 2009. P.31.

### LINKS DE INTERES:

<http://www2.wsp.org/userfiles/file/PresentacionViceministraColombia%20LeylaRojas.pdf>

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/mdg1/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/)

[http://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL\\_PDF\\_CG2005/00000T7T000.PDF](http://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/00000T7T000.PDF)

[http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-190216\\_archivo\\_pdf\\_salud.pdf](http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-190216_archivo_pdf_salud.pdf)

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Trazado del alcantarillado pluvial.

**Anexo 2.** Áreas aferentes.

**Anexo 3.** Calculo curvas idf.

**Anexo 4.** Cálculos diseño del alcantarillado.

**Anexo 5.** Resultados de los datos obtenidos en swmm 5. vE.

**NOTA : LOS ANEXOS PUEDEN SER CONSULTADOS EN LA SALA – BASE DE DATOS DE BIBLIOTECA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.**