

Optimización del sistema de alcantarillado pluvial de la carrera doce entre las calles sexta y primera en el municipio de Chía-Cundinamarca, diseñando un tanque de tormenta, con el fin de minimizar inundaciones.

(01 Diciembre del 2018)

L. Baquero, *Autora* y W. Vanegas, *Autor*

Resumen— Este trabajo tiene como propósito buscar resolver la propuesta plantea para minimizar las inundaciones en la carrera doce del municipio de Chía, departamento de Cundinamarca. Los aportes que se realizaron están fundamentados sobre unos diseños de optimización de alcantarillado pluvial y un tanque de tormentas, el cual se realizaron sobre una metodología académica para la consecución de los objetivos propuestos.

De igual forma, para la construcción del presente documento se inició con una descripción de la zona de estudio y sus respectivas problemáticas anteriormente, así como también se tuvieron acceso a los datos de las estaciones hidrometeorológicas de Guanatá y Santo Tomás, llevando a cabo los diseños definitivos con la estación Guanatá, esta información fue suministrada gracias al IDEAM y LA CAR. Para la formulación de la propuesta se planteó una metodología expuesta en cinco fases con las que se desarrollarán los objetivos planteados, las cuales consistieron en visitas a la zona de estudio, efectuar la hidrología, la realización de un diseño de alcantarillado pluvial y un tanque de tormentas, correlacionar la topografía suministrada por (1).

Con lo anterior, se entiende que este proyecto pretende resolver dicha problemática en el Municipio de Chía, pero principalmente en la carrera doce, al igual cabe resaltar que los resultados obtenidos sirvan de referente no solo para esta entidad territorial sino para cualquier municipio del país que tenga unas condiciones iguales o similares.

Palabras clave: alcantarillado, By-pass, esfuerzo cortante, hidrología, sumideros, tanque de tormentas, trampa de grasas.

I. INTRODUCCIÓN

Todos los años, las comunidades resultan afectadas por inundaciones y otras amenazas de riesgo. Además de las condiciones económicas, la creciente densidad de la población, la degradación ambiental y el calentamiento global están logrando que el impacto de las amenazas naturales afecte aún más.

Como bien se sabe, en el periodo 2010 y 2011 durante el fenómeno de la niña, la población de Chía se vio afectada por inundaciones, provocadas por el desbordamiento del río Frío y el río Bogotá, esto afectó directamente 1626 familias, los terrenos habitados a orillas de este afluente, vías importantes,

provocó caos vehicular, contaminación del río, saturación del alcantarillado, impactos sociales, económicos y políticos (1) También el sistema de alcantarillado se considera un servicio básico, debido a que ofrece el rápido desalojo de las aguas residuales y aguas lluvias de modo tal que sean transportadas de manera segura evitando todo tipo de afecciones sanitarias, que pueden poner en riesgo la salud pública debido a su acumulación o escurrimiento superficial. (3).

El municipio de Chía, ubicado en el Departamento de Cundinamarca, hace parte de la provincia Sabana Centro, “a 28 kilómetros de Bogotá, a una altura de 2.562 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 14°C. Tiene una extensión territorial de 80,44 kilómetros cuadrados, es decir 8.044,91 hectáreas (ha), clasificadas en 630. 17 ha (7,83%) de suelo urbano; 299.84 ha (3,73%) en suelo de expansión urbana y con 7.114,9 ha (88,44%) de suelo rural. Es uno de los principales nodos de desarrollo que concentra el 1,2% de la producción del país y el 0,97% de la población nacional” (4). Chía se conoce como un municipio urbanizado, desde el cual se han establecido resultados inevitables de los cambios sociales, culturales, políticos, ecológicos y económicos que se evidencian por el permanente movimiento de población a diario, ya que buscan tener acceso oportuno a una mejor condición de vida como centros sociales, residenciales, educación, sostenibilidad ambiental, vías de acceso a la capital y contar con espacios verdes a los cuales no pueden acceder fácilmente en la ciudad.

Dado lo anterior este estudio se basa en las problemáticas de inundación que se han presentado actualmente en la carrera doce del municipio de Chía, ya que es una de la más afectadas en los periodos de invierno, y la necesidad de contrarrestar este impacto mediante la optimización del sistema de alcantarillado pluvial y el diseño de un tanque de tormentas, con el fin de minimizar posibles inundaciones en esta zona.

II. INFORMACIÓN BASICA DEL PROYECTO

A. Planteamiento del problema

“En el caso de Chía, caracterizado por ser uno de los municipios más prestantes de la sabana de Bogotá, durante la temporada del fenómeno de la niña en el periodo del 2010 al 2011, se vio fuertemente afectado por inundaciones en varios

sectores. Algunas de las causas de la tragedia que desataron la presente problemática fue la cuenca del Río Frío, no soportó los niveles de agua debido al crecimiento acelerado e irregular de urbanizaciones en las zonas de humedal, tramo en el cual se vieron damnificados aproximadamente 180 habitantes de este municipio y sus alrededores por la incomunicación, el hacinamiento, propagación de infecciones, enfermedades debido a la contaminación de las aguas estancadas y los malos olores provocados por el colapso del sistema de alcantarillado, el sistema de riego se juntó con las aguas negras desatando la más grande emergencia en toda la historia del municipio, una situación advertida en diferentes ocasiones sin identificarse alguna solución sería” (5)

Finalmente con esto se busca resolver la propuesta planteada: si los diseños de optimización de alcantarillado pluvial y el tanque de tormentas, pueden minimizar las inundaciones en la carrera doce del municipio de Chía?

B. Justificación

Debido a esto actualmente la carrera doce del municipio de Chía es una de la más perjudicadas en los periodos de invierno, ya que se conservan todas las aguas que descienden entre las calles sexta y primera. En la actualidad se presenta un incremento de la población residente, por estos motivos se realizó la presente propuesta, que tuvo como fin realizar la optimización del sistema de alcantarillado pluvial y facilitar un tanque de tormentas, para minimizar el impacto en futuras inundaciones, así como también reducir los riesgos en la salud de sus habitantes. Dado lo anterior, se utilizó como insumo básico la información hidrológica, topografía e hidráulica existente, visitas al Municipio.

C. Objetivos

1) Objetivo general.

Optimizar el sistema de alcantarillado pluvial de la carrera doce entre las calles sexta y primera en el municipio de Chía-Cundinamarca, diseñando un tanque de tormentas, con el fin de minimizar inundaciones.

2) Objetivos específicos

Para el logro del objetivo general, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Revisar la topografía de la zona.
- Efectuar la hidrología requerida para el diseño de alcantarillado y tanque de tormenta.
- Realizar el diseño hidráulico de alcantarillado pluvial, identificando el punto de descarga del sistema.

- Diseñar un tanque de tormentas.

III. CAPITULO I: LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

1. Ubicación geográfica

La carrera doce se encuentra ubicada en el municipio de Chía- Cundinamarca, inicia en la calle sexta hasta llegar a la calle primera. La carrera se localiza en las coordenadas: 4°51'18 N y 74°41'1 W. En la **Figura 1**, se observa el tramo de la carrera doce desde la calle sexta hasta la primera.

Figura 1. Tramo de la carrera doce, con color amarillo.



Fuente: SIGEOCHÍA.

IV. CAPITULO II: TOPOGRAFIA

La topografía es base necesaria para cualquier estudio de ingeniería, tanto en terrenos rústicos como urbanos. Para el caso del casco urbano del municipio de Chía se encuentran pendientes que oscilan entre 0 y 15% en el valle de los ríos Bogotá y Frío. Mayores al 50% en los cerros orientales y occidentales, donde la cota máxima de altura se encuentra a los 3.200 msnm aproximadamente” (6)

1. Hidrografía

Esta zona está conformada en su parte occidental por la subcuenca del río Frío que atraviesa la calle 2, la carrera 12 y otros sectores, como se puede observar en la **Figura 2**. “El río Frío cuenta con una altitud comprendida entre los 3600 y 2550 m.s.n.m” (7).

Figura 2. Río Frío.



Fuente: Autores.

V. CAPITULO III: DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

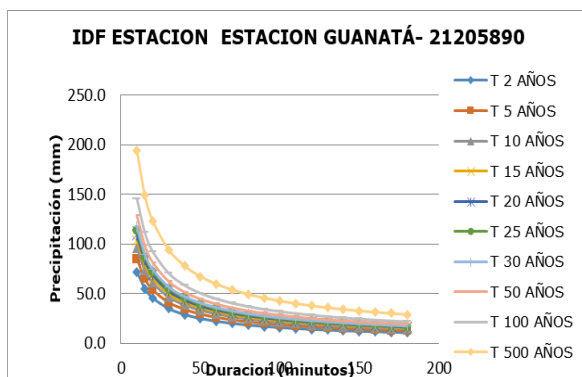
El sistema de alcantarillado que posee el municipio de Chía es de tipo combinado, es decir, recolecta, conduce y dispone tanto las aguas lluvias como las residuales, aunque existen algunos tramos separados.

En este capítulo se diseñó el alcantarillado pluvial con la estimación del caudal de aguas lluvias, el cual se hizo método racional, cuyo desarrollo data de inicios del siglo XIX. “Dicho método simple utilizado en el diseño de sistemas de drenaje urbano con áreas relativamente pequeñas < 80 Has” (8). La zona de estudio tiene un área aproximada de 35 Has.

Al igual que se tomó un periodo de retorno de 5 años según lo establecido en el artículo 135 del (8).

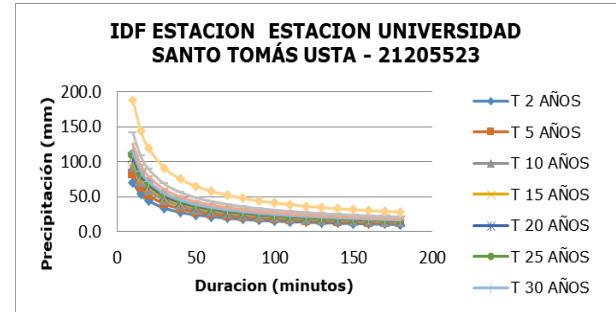
También se nos suministraron unos datos de las estaciones hidrometeorológicas Guanatá y Santo Tomás, con esto se realizaron las curvas IDF, mostradas a continuación Gráfica 1 y Gráfica 2:

Gráfica 1. Curva IDF de la estación Guanatá.



Fuente: autores.

Gráfica 2. Curva IDF de la estación Santo Tomás.



Fuente: autores.

Se determinó utilizar la información pluviográfica de la estación Guanatá debido a que es la que mayor cercanía presenta al área de estudio.

Para el caso de este proyecto se utilizó un coeficiente de escorrentía equivalente a 1.5 veces el PMIP, o sea que $C = 1.5 * PIMP/100$.

VI. CAPITULO IV: DISEÑO HIDRÁULICO

A. Criterios de diseño

El diseño de los colectores se concentró en encontrar las tuberías con menores diámetros que garanticen que la capacidad nominal del sistema es mayor que los caudales y que funcionarán bajo condiciones auto-limpiantes, y en regímenes de flujo subcríticos o supercríticos. Como se mencionó anteriormente para la determinación de los caudales de escorrentía superficial se utilizó el método racional.

B. Capacidad de las tuberías.

Para el drenaje de aguas residuales cada tramo diseñado debe tener una capacidad a tubo lleno mayor que el caudal transportado. La profundidad promedio del flujo en un colector dado debe ser menor o igual que el 85% del diámetro interno de la tubería, con el fin de garantizar el flujo a superficie libre.

En el caso de drenaje de aguas lluvias se permite el flujo a presión para la condición de diseño, máxima si se utilizan colectores existentes en el análisis. Sin embargo el diseño propende por obtener relaciones entre la profundidad promedio del flujo y el diámetro interno menores al 100%.

C. Capacidad de Auto-limpieza

Para considerar que un tramo de colector de aguas residuales dado funciona en condiciones auto-limpiantes se debe cumplir con uno de los siguientes criterios:

- La velocidad media del flujo en el conducto debe ser mayor o igual que 0.45 m/s.
- El esfuerzo cortante en la pared debe ser mayor o igual que 1.5 N/m².

En el caso de colectores que transportan aguas lluvias los requerimientos para limpiar los sólidos sedimentados son uno de los siguientes:

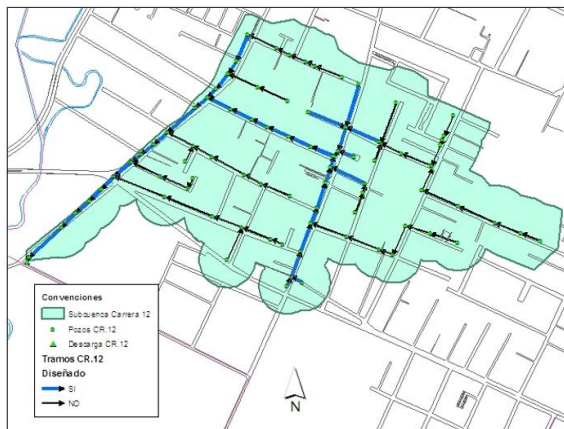
- La velocidad media del flujo en el conducto debe ser mayor o igual que 0.75 m/s, para el caudal de diseño.
- El esfuerzo cortante en la pared debe ser mayor o igual que 3.0 N/m², para el caudal de diseño.
-

Adicionalmente el esfuerzo cortante debe ser mayor o igual que 1.5 N/m² para un caudal igual al 10% de la capacidad a tubo lleno.

D. Alineamientos de los colectores diseñados

El alineamiento de los nuevos colectores se definió evitando las interferencias con colectores y pozos existentes. En la Figura 3, se observa los tramos diseñados principalmente de la Carrera 12, tomada de la fuente: (9)

Figura 3. Alineamientos de los colectores.



Fuente: (9).

VII. CAPITULO IV: DISEÑO DEL TANQUE DE TORMENTAS

“Los tanques de almacenamiento son estructuras rígidas de forma de prismática, que tiene la capacidad de almacenar el volumen de escorrentía generado luego de un evento de lluvia, para luego utilizarlo en usos de agua no potables o descargarlo de manera controlada al sistema de alcantarillado convencional. Si se realiza un aprovechamiento del agua almacenada en usos no potables, es necesario verificar que la calidad del agua

almacenada en el tanque cumpla con los lineamientos que establezca la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) de la ciudad de Bogotá D.C. El diseño de esta tipología es flexible y puede adaptarse fácilmente a las condiciones del sitio de implementación, en comparación con otras estructuras de drenaje” (10)

A. Criterios de localización

Esta tipología cuenta con pocas restricciones en cuanto su localización. Los tanques de almacenamiento se pueden ubicar de manera superficial o subterránea, dependiendo del objetivo de su implementación (aprovechamiento de escorrentía o atenuación de volumen/pico de escorrentía), así como también del área superficial y de las características propias del sitio a intervenir.

En este proyecto se diseñó un tanque de tormentas que además de almacenar el volumen de escorrentía generado por un evento de precipitación, también servirá para satisfacer la demanda de agua requerida en un área aproximadamente de 12.9868 Ha, las cuales son utilizadas para siembra de pastos. En la Figura 4, se muestra la ubicación propuesta para el tanque de tormentas mencionado, ya que este será el punto de descarga de toda el agua recolectada por el alcantarillado pluvial.

Figura 4. Ubicación del tanque de tormentas.



Fuente: Google maps.

i. Operación

La escorrentía ingresa a esta tipología de forma directa a partir de sistemas de captación y/o conducción puntual o de indirectamente por medio de sistemas de drenaje convencionales (alcantarillas y sumideros). En primer lugar, el flujo de agua atraviesa las diferentes estructuras anexas de pre tratamiento o el mecanismo de primer lavado seleccionado, y luego se almacena al interior de la estructura. La evacuación del agua acumulada dependerá de la demanda de agua del usuario o de la operación asignada por el diseñador.

ii. Restricciones

Las restricciones técnicas generales de implementación de esta estructura en un sitio particular se presentan en la Tabla 1, tomada de (10).

Tabla 1. Restricciones.

Restricciones	Límites	Unidades
Pendiente	> 1	%
Distancia al nivel freático	> 2	M

B. Diseño

i. Pre-dimensionamiento.

El proceso de diseño de tanques de almacenamiento requiere de una serie de etapas de cálculo que involucran parámetros de oferta y demanda de escorrentía. En primer lugar, el diseñador debe obtener registros históricos de información pluviométrica del área a intervenir, para asignar a cada mes un valor promedio mensual multianual de lluvia. Si en caso tal no se cuenta con información de una estación de lluvia en el terreno de implementación o la información disponible es insuficiente, se debe optar por analizar los registros de lluvia de la estación pluviométrica más cercana al punto de interés. Adicionalmente, se debe establecer el valor de área de drenaje (A_d) y un coeficiente de escorrentía (C) de la superficie de captación. De este modo es posible calcular el volumen promedio de escorrentía que se generaría en cada mes del año como se presenta a continuación (Ecuación 1):

Ecuación 1. Escorrentía.

$$Esc = \frac{P * A_d * C}{1000}$$

Donde:

Esc = Volumen promedio mensual escorrentía (m^3),

P= Precipitación promedio mensual multianual (mm).

A_d = Área de drenaje (m^2).

Para nuestro diseño de tanque de tormentas se utilizaron los datos de valor promedio mensual multianual de lluvias máximas en 24 horas de la estación Guanatá.

$$Esc = \frac{P * A_d * C}{1000}$$

$$Esc = \frac{27.9222 * 353628 * 0.61}{1000}$$

$$Esc = 6023.19 \text{ m}^3$$

ii. Cálculo de la demanda neta para riego.

Luego de estimar la serie de volúmenes mensuales promedio de escorrentía, es necesario establecer una demanda promedio mensual de agua para usos no potables en el área a intervenir. Esta demanda dependerá del usuario y del tipo de uso que se le asignará al agua almacenada en el tanque.

Para el cálculo de las necesidades teóricas de agua de los cultivos (demanda neta teórica) se han seleccionado y asignado a cada una de las áreas de riego, los datos de la estación meteorológica Guanatá necesarios para el cálculo de la evapotranspiración potencial.

“Con la aplicación del correspondiente coeficiente de cultivo ($K_c=1$ para pastos) y de acuerdo con la superficie ocupada en la alternativa correspondiente al área, se obtienen las necesidades netas de agua del área para un tiempo estimado de riego de 12 horas” (CAR, 2014)

iii. Cálculo del volumen del tanque.

Con estas dos series mensuales de agua (escorrentía y demanda), es posible realizar un balance hidrológico de la estructura, definiendo de manera preliminar un volumen inicial del tanque (V), el mes de inicio para el análisis y un volumen remanente inicial (V_r) igual a 0. Es decir que para realizar este proceso de cálculo se identifica el mes más húmedo y se asume que al inicio de éste el tanque se encuentra vacío.

De este modo se determina mes a mes el volumen de descarga de excesos (Q_{ex}) y el volumen remanente de escorrentía al final de cada mes particular (V_r). Verificando en cada mes si el volumen propuesto del tanque es suficiente para satisfacer la demanda de agua para uso no potable del área a intervenir o si es necesario ajustar sus dimensiones.

En caso de que el volumen del tanque (V) con el cual se cumplan las restricciones mencionadas sea igual a cero, se debe replantear el dimensionamiento realizado. Si en el área de interés hay evidencia de valores de demanda muy bajos, el volumen del tanque deberá ser igual a la demanda de agua promedio obtenida. Adicionalmente, se debe garantizar que en el diseño la oferta sea siempre superior (o igual) a la demanda, para evitar así problemas de abastecimiento de agua.

A continuación se mostrara el cálculo de estos parámetros para el mes de mayo con un volumen de tanque propuesto de 4000 m^3 :

$$V_{ex} = (4826.90 - 0) + 4520.32 - 4000$$

$$V_{ex} = 5347.21 \text{ m}^3$$

$$V_r = 4520.32 + (4826.90 - 0) - 8864.92$$

$$V_r = 482.29 \text{ m}^3$$

Como se puede observar el volumen de exceso para el mes de mayo es mayor al volumen del tanque propuesto, por lo que no se cumple las condiciones mencionadas inicialmente. Esta restricción no se cumple para 5 de los 12 meses del año, ya que en estos la demanda neta de agua para riego es de 0m³.

Uno de los principales objetivos de este tanque es garantizar la demanda de agua para riego en todos los meses del año, se propone que el volumen del tanque sea de 4000 m³, el cual asegura una capacidad de almacenamiento mayor a 3857.97 m³, ya que es la necesaria para el mes de enero, por lo que es el más crítico del año según los registro de precipitación (IDEAM).

iv. Trampas de grasas.

El objetivo de estas estructuras es reducir la carga de sedimentos y residuos gruesos que transporta el flujo de escorrentía, antes de que éste sea captado por un SUDS determinado. La ventaja de este tipo de estructuras consiste en la capacidad de prolongar la vida útil de cada una de las tipologías, así como reducir la frecuencia de mantenimiento de las mismas en cada caso.

Dado que estas estructuras opera por gravedad, no pueden ser empleadas para remover aceites disueltos o emulsificador, ni contaminantes como refrigerantes, lubricantes solubles, glicoles y alcoholes. Existen dos tipos de separadores, correspondientes a unidades de retención completa y separadores con bypass. En el primer caso, todo el caudal que entra es tratado y, en el segundo, la capacidad de la estructura se encuentra limitada a un cierto caudal, de tal modo que, si se tiene un caudal mayor al de diseño, éste es desviado al sistema de drenaje.

v. Trampas de sedimentos.

Este tipo de estructuras de pre-tratamiento generalmente corresponden a reservorios en los cuales se favorece la reducción de la velocidad del flujo de escorrentía, y, por lo tanto, la sedimentación de partículas gruesas y contaminantes, antes que éste ingrese a una tipología en particular. Estas trampas pueden ser superficiales o subterráneas, y a su vez, pueden estar separadas o estar contenidas en la misma.

Es fundamental incluir en esta estructura un medidor o regla que permita estimar de manera sencilla el nivel de sedimento alcanzado en la estructura, y de esta manera determinar si se requieren o no de labores de mantenimiento. La función principal de las trampas de sedimentos es prolongar la vida útil, disminuyendo así la carga de sedimentos que entra al tanque.

vi. Tubería de entrada.

Estas estructuras se emplean para descargar la escorrentía en el interior del tanque cuando ésta previamente ha sido recolectada. La tubería de entrada a esta estructura de pre-tratamiento fue diseñada en la red de alcantarillado

pluvial, la cual arrojó un diámetro de 1,26 m que garantiza el transporte del caudal de entrega final.

vii. Bypass (aliviadero).

“Es una estructura empleada para desviar grandes volúmenes de agua a sistemas de almacenamiento o canales de drenaje alternativos, en casos donde la capacidad de diseño del tanque es excedida, evitando así daños por inundación” (11)

Para el diseño de este tipo de sistemas debe garantizarse que el volumen adecuado es retenido en la ruta de drenaje principal y que los volúmenes mayores son desviados con un incremento mínimo en la cabeza en la estructura de bypass para evitar sobrecargar el drenaje principal bajo condiciones de flujo alto.

viii. Tuberías de salida.

Corresponden a un conducto que se utiliza para dirigir el agua lluvia en este caso hacia los cultivos. Son empleados como estructuras de salida ya que son sistemas eficientes para el control del flujo.

Este tipo de estructuras anexas se ubican en la parte final del tanque, con el objetivo principal de controlar el volumen de escorrentía que sale de la misma. De modo que se garantice una descarga regulada y se evite la re-suspensión de sedimentos y contaminantes ya sedimentados.

ix. Drenaje de mantenimiento.

Estructura empleada para drenar el volumen escorrentía en tipologías que tengan capacidad para almacenar agua, para efectuar de manera apropiada labores de seguimiento y mantenimiento de la estructura. En este caso, se pueden emplear tanto para facilitar el mantenimiento como para drenarlo en anticipación a un evento de tormenta, lo cual permite incrementar la atenuación del caudal pico.

x. Estructuras para monitoreo y/o mantenimiento.

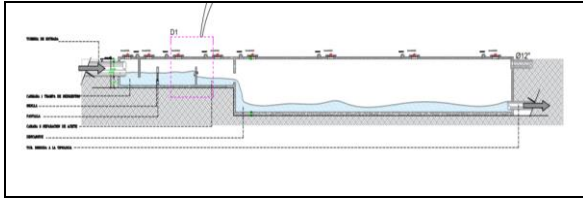
Estas estructuras anexas corresponden a aquellos complementos que se incorporan para realizar labores de monitoreo y/o mantenimiento.

xi. Pozos de inspección.

Son cámaras subterráneas que posibilitan el acceso a los ductos y canalizaciones para su inspección y mantenimiento. Se propone que el diámetro interno de la parte cilíndrica de los pozos de inspección sea de 1.20 m y el diámetro del orificio de entrada 0.8 m. Por otro lado, es necesario realizar inspecciones visuales de la estructura periódicamente, y si se requiere se deben remover sedimentos o material sólido para evitar obstrucciones.

En la **Figura 5**, se muestra el dimensionamiento propuesto con base en el diseño del tanque de tormenta y su estructura de pre-tratamiento (trampa de grasas) cumpliendo con cada uno de los parámetros mencionados requeridos para este tipo de estructura.

Figura 5. Dimensionamiento propuesto para el diseño.



Fuente: Autores.

xii. Dimensiones de las estructuras diseñadas.

i. Trampa de grasas.

A continuación en la **Tabla 2**, se muestran los datos que se utilizaron para realizar la trampa de grasas en el programa AutoCAD.

Tabla 2. Datos que se utilizaron para la trampa de grasas.

Q entrada(m ³ /s)	0.868
tiempo de retencion minimo (minutos)	5
Volumen	297 m ³
Volumen útil	260 m ³
Longitud	12 m
Ancho	11 m
Profundidad	2.25 m
Diámetro de la tubería de entrada	1.26 m

Nota: estos datos fueron tomados por los autores.

ii. Tanque de tormentas.

A continuación en la **Tabla 3**, se muestran los datos que se utilizaron para el diseño del tanque de tormentas, realizado en el programa AutoCAD.

Tabla 3. Datos que se utilizaron para el diseño del tanque de tormentas.

Largo	30m
Ancho	30m
Profundidad	4.5 m
Volumen útil	4000 m ³
Volumen neto	4050 m ³
Vertedero de entrada	1.20m x 1.20m
Caudal de tubería de drenaje de mantenimiento	0.675 m ³ /s
Tiempo de vaciado para mantenimiento	100 min
Diámetro de la tubería de drenaje de mantenimiento	18"
Caudal de tubería de exceso	0.37 m ³ /s
Diámetro de la tubería de exceso	12"
Velocidad de exceso	5 m/s
Velocidad estimada de tubería de exceso	4 m/s

Nota: estos datos fueron tomados por los autores.

VIII. CONCLUSIONES

Revisando la topografía suministrada por HYDROS CHIA S. En C.A. E.S.P., se puede concluir que la zona de estudio presenta pendientes menores al 3%. Esto se pudo verificar de manera visual en las visitas de campo realizadas en el transcurso del tiempo de ejecución de este proyecto. Esto produjo que las diferencia de cotas bateas entre los colectores diseñados sean muy bajas.

Para el análisis hidrológico requerido para este proyecto se identificaron 3 estaciones hidrometeorológicas, las cuales fueron: La Caro, Guanatá y Santo Tomás, llevando a cabo los diseños definitivos con la estación Guanatá, dado que es la más cercana a la zona estudiada. Se tuvieron datos de precipitación desde 1996 hasta 2017 en los cuales se registra que el año con mayores valores promedios fue 2010.

Con los diseños planteados se conformará un sistema de colectores capaz de transportar los caudales de escorrentía generados por una tormenta con 5 años de período de retorno, según las precipitaciones históricas registradas en la estación de Guanatá.

Los colectores diseñados hidráulicamente permiten drenar los caudales de aguas lluvias de la zona estudiada, para las aferencias definidas.

Para el cálculo de la demanda neta de agua para riego de cultivos se utilizó la metodología propuesta por (CAR), la cual incluía el coeficiente de cultivo (Kc) para pastos ubicados en cercanía al río Frío con los valores de precipitación y temperatura media mensual de la estación Guanatá y evapotranspiración calculada en el balance hídrico, se pudo calcular la demanda neta para cada mes del año.

El tanque de tormentas fue diseñado con la metodología propuesta por (10), la cual se cumplieron en este proyecto los parámetros, restricciones y recomendaciones establecidos allí. Este diseño tiene un Volumen de 4050 m³, el cual garantiza la demanda mayor de agua para riego en toda el área seleccionada de cultivos de pasto. Esta cuenta con una trampa de grasas para el pre tratamiento con un volumen de 297 m³ la cual garantiza un tiempo mínimo de retención del fluido de 5 minutos.

IX. RECOMENDACIONES

Para que el diseño de la red de alcantarillado pluvial funcione con éxito, se deben respetar las especificaciones dadas en este proyecto.

Para el cálculo hidráulico del sistema de riego del área de cultivo seleccionada para este proyecto se deben tener en cuenta los datos obtenidos en este proyecto.

Se recomienda que exista mayor control en la limpieza y mantenimiento de los primeros pozos, ya que en ellos existe el menor caudal; estos tramos ya que no están construidos,

aunque complementan la nueva red no cumplen con los criterios de auto-limpieza, por lo que puede provocar mayores cantidades de lodos y sedimentos. Esto con el fin de evitar accidentes de taponamientos y problemas en el sistema.

El diseño del sistema de riego en los cultivos beneficiados por el tanque de tormentas diseñado se recomienda que sea por aspersión, ya que en el cálculo realizado de la demanda neta de consumo se tuvo en cuenta la eficiencia de este tipo de riego.

En eventos de altas precipitaciones mayores a las registradas actualmente y presentadas en el diseño, se debe operar de manera eficiente la válvula de By-pass y drenaje de mantenimiento del tanque, esto con el fin de garantizar el volumen de funcionamiento para el que fue diseñado en este proyecto.

El tanque de tormentas fue diseñado para garantizar el suministro de agua a 12.986 hectáreas, por lo que si se quiere abastecer a un área mayor de riego, no se garantiza el funcionamiento óptimo de este tanque.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a Dios por ser nuestro guía y darnos la oportunidad de conocernos y formar este grupo de trabajo.

Por otra parte, a la Universidad Católica por abrirnos un espacio académico favorable para el desarrollo de nuestro trabajo, también al Ingeniero Jesús Ernesto Torres por dedicarnos amablemente parte de su tiempo y conocimiento.

REFERENCIAS

- (1) CAR. (Mayo de 2014). *AGUAS SUBTERRANEAS MINERÍA - HIDROCARBUROS*. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/5b45211d94bff.pdf
- (2) Caracol, N. (10 de Septiembre de 2014). *Noticias Caracol*. Obtenido de Noticias Caracol: <http://www.caracol.com.co/noticias/bogota/chia-preparada-para-enfrentar-la-proxima-temporadainvernal/20110823/nota/1535955.aspx>.
- (3) CEDEX. (2009). *Guía técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano*. España, España: Ministerio de Fomento. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones.
- (7) Chía, A. d. (2017). *AJUSTE AL POT MUNICIPIO DE CHÍA*. Bogotá.
- (6) CHÍA, A. M. (s.f.). *LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA MUNICIPAL COMO TEMA ESTRUCTURANTE DE LA ZONIFICACION AMBIENTAL EN LA REVISIÓN DEL POT DE CHÍA*. Obtenido de <https://www.chia-cundinamarca.gov.co/controlinterno/Anexo%20Formato%2013.%20Ambiental%20y%20Gestion%20de>

- %20Riesgo/D.T.S.%20ESTRUCTURA%20ECOLOGICA%20MUNICIPAL%202014.pdf
- (4) Colombia, M. d. (2018). *Chía, Cundinamarca-Municipios.com.co*. Obtenido de <http://www.municipios.com.co/cundinamarca/chia>
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA, C. (s.f.). *DIAGNÓSTICO PROSPECTIVA Y FORMULACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS UBATÉ Y SUÁREZ*. Bogotá. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/5ac6938351bae%20(1).pdf
- (9) E.S.P, H. C. (julio de 2011). *Construcción de la red de colectores para el drenaje de aguas lluvias de la zona centro del municipio de Chía, departamento de Cundinamarca*. Obtenido de file:///C:/Users/User/Documents/ESPECIALIZACION/tesis/PROYECTO%20DE%20GUIA/Informe%20de%20Diseño_Hidráulico%20(3).pdf
- (5) Luisa Mejia & David Chicué. (2014). *ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD TERRITORIAL POR INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE CHÍA, CUNDINAMARCA*. Bogotá D.C.
- (8) Ministerio de Vivienda, C. y. (08 de Junio de 2017). *RAS 0330 DE 2017*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>
- Ortiz, Y. C. (Febrero de 2017). *ESTADO DE LA VIVIENDA Y DEL ESPACIO PÚBLICO EN EL MUNICIPIO DE CHÍA*. Obtenido de https://www.institutodeestudiosurbanos.info/images/Estado_de_la_vivienda_y_del_espacio_p%C3%BAblico_en_el_municipio_de_Ch%C3%AD.pdf
- (10) SEGAE), S. D. (09 de Febrero de 2018). *CRITERIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)*.
- (11) Técnica, E.-N. (02 de Febrero de 2018). *CRITERIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)*. Obtenido de CRITERIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) : file:///C:/Users/User/Downloads/NS-166-CRITERIOS%20PARA%20DISEÑO%20Y%20CONSTRUCCI%C3%93N%20DE%20SISTEMAS%20URBANOS%20DE%20DRENAJE%20SOSTENIBLE%20(2).pdf