

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Pre-diseño del plan maestro de alcantarillado sanitario y pluvial del casco urbano  
municipio de San Francisco Cundinamarca.**

**Javier Esteban Vargas Castañeda**

**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil**

**Director:**

**Jorge Humberto Benavides Santamaría**

**Ingeniero Civil**

**Universidad Santo Tomás, Bogotá**

**División de Ingeniería**

**Facultad de Ingeniería Civil**

**2019**

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**DEDICATORIA**

A DIOS gracias por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por los triunfos, los momentos difíciles, y por darme la salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A ti Madre.

Eres una mujer que simplemente me hace llenar de orgullo, te amo y no va haber manera de devolverte tanto que me has ofrecido desde que incluso no hubiera nacido. Este trabajo es un logro más que llevo a cabo, y sin lugar a dudas ha sido en gran parte gracias a ti; no sé en donde me encontraría de no ser por tus ayudas, tu compañía, y tu amor.

Te doy mis más sinceras gracias, amada madre.

A mis hermanos que siempre he contado con ellos para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y amistad.

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**AGRADECIMIENTOS**

La Universidad me dio la bienvenida al mundo como tal, las oportunidades que me ha brindado son incomparables, y antes de todo esto ni pensaba que fuera posible que algún día si quiera me topara con una de ellas. Agradezco mucho por la ayuda de mis maestros, mis compañeros, y a la universidad en general por todo lo anterior en conjuntos con todos los conocimientos que me ha otorgado.

A las personas que han aportado directa e indirectamente para la elaboración del presente trabajo, a mi familia por el apoyo incondicional y su colaboración.

Al ingeniero especialista, Jorge Humberto Benavides Santamaría por su gran disposición, no ha dejado que la distancia sea impedimento a la atención, orientación, supervisión y colaboración.

Por aportar todo su conocimiento en el desarrollo del presente trabajo.

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

### **Resumen**

El presente trabajo de grado para optar por el título de ingeniero civil, trata el pre-diseño del plan maestro de alcantarillado sanitario y pluvial para la población del casco urbano del municipio de San Francisco, en el departamento de Cundinamarca. Este diseño beneficiará a futuro, a aproximadamente 7000 habitantes para un periodo de diseño de 25 años.

El diseño contempla los aspectos técnicos como: diseño hidráulico, topografía, elaboración de planos y un presupuesto; todo bajo las normas y parámetros vigentes.

- Recolección de información como el censo poblacional, luego la topografía, con esta información se elaboró el cálculo del caudal de diseño u el diseño hidráulico bajo los parámetros del RAS y resolución 0330 de 2017.
- Los planos de áreas propias y aferentes se elaboraron en el software AUTO-CAD.
- Para el re-diseño hidráulico se utilizó la tubería de PVC de diferentes diámetros, y con SEWER-GEMS y SWWM se hizo la simulación para verificar el funcionamiento del sistema.

**Palabras Clave:** *Alcantarillado Sanitario, alcantarillado Pluvial, Caudal de Diseño, Población, Dotación, Densidad de población.*

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Abstract**

The present work of degree to opt for the title of civil engineer, understands in the predesign of the master plan of sanitary sewer and storm water systems for the population of the urban helmet of the municipality of San Francisco Cundinamarca. This design will benefit future, approximately 7000 inhabitants for a design period of 25 years.

The design contemplates the technical aspects such as: hydraulic design, topography, drawing plans and a budget; all under the norms and parameters in force.

- Collection of information such as the population census, then the topography, with this information the calculation of the design flow or the hydraulic design was elaborated under the parameters of RAS2000 and resolution 0330 of 2017.
- Plans of own and afferent areas were prepared in the AUTO-CAD software.
- For the hydraulic design NOVAFORT PVC pipe of different diameters was used, and with SEWER-GEMS the simulation was done to verify that there are no overloads or floods.

**Key Works:** *Sanitary Sewer, Storm Sewer, Design Flow, Population, Endowment, Population Density.*

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Tabla de contenido**

<b>Introducción .....</b>	<b>11</b>
<b>Formulación del Problema.....</b>	<b>12</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>13</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>14</b>
<b>Objetivo General.....</b>	<b>14</b>
<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>14</b>
<b>Caracterización General de Proyecto .....</b>	<b>15</b>
<b>Generalidades del municipio de San Francisco Cundinamarca .....</b>	<b>15</b>
<b>Hidrología.....</b>	<b>16</b>
<b>Características de la cuenca del río negro en el municipio de San Francisco de sales..</b>	<b>18</b>
<b>Estaciones meteorológicas San Francisco de Sales .....</b>	<b>19</b>
<b>Servicios públicos.....</b>	<b>23</b>
<b>Sociales.....</b>	<b>24</b>
<b>Servicios domiciliarios.....</b>	<b>25</b>
<b>Complementarios.....</b>	<b>29</b>
<b>Estudio de población .....</b>	<b>31</b>
<b>Estudios de demanda del agua .....</b>	<b>34</b>

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

<b>Marco Referencial.....</b>	<b>36</b>
<b>Marco Teórico.....</b>	<b>36</b>
<b>Marco Tecnológico .....</b>	<b>55</b>
<b>Marco Legal .....</b>	<b>56</b>
<b>Marco Contextual .....</b>	<b>58</b>
<b>Metodología .....</b>	<b>61</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>65</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>67</b>

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Estación Pluviometrica .....	19
Tabla 2. Definicion periodo de diseño.....	35
Tabla 3. Asignacion Dotacion neta maxima.....	35
Tabla 4. Contribucion minima en zonas industriales.....	43
Tabla 5. Contribucion minima en zonas comerciales .....	44
Tabla 6. Contribucion minima en zonas institucionales .....	44
Tabla 7. Perido de Retorno. ....	48
Tabla 8. Profundidad a las cotas claves del colector. ....	50
Tabla 9. Diametros de estructuras pozos de inspección .....	54
Tabla 10. Normatividad Aplicable.....	57

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Cobertura servicio de energia .....	28
Figura 2. Localización. ....	59
Figura 3. Expansion Urbana. ....	61

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

LISTA DE GRÁFICOS

	<b>pág.</b>
Grafico 1. Precipitacion Mensual . .....	21
Grafico 2. Proyeccion de Población .....	64

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

### **Introducción**

Las redes de alcantarillado se consideran uno de los servicios básicos e indispensables en una comunidad, pero son muchos los territorios en el país que no están debidamente adecuados con este medio. Con anterioridad en gran cantidad de lugares del país se le daba mayor prioridad a la adecuación de la red de suministro de agua potable, dejando indefinidamente la construcción de las redes de alcantarillado como si no existiera una idea tan lógica y simple como lo es que si entra agua de algún modo debe salir.

El acceso a soluciones de alcantarillado y el tratamiento de las aguas residuales es otro factor importante en la salud y la calidad de vida de la población, especialmente de los niños, niñas y adolescentes, quienes tienen derecho a disfrutar de un ambiente sano que les permita desarrollar plenamente sus capacidades. El ambiente sano hace parte de las necesidades básicas que el Estado está obligado a satisfacer. Los departamentos y municipios tienen el mandato de realizar una prestación adecuada y eficiente de los servicios de alcantarillado. Con el acceso de toda la población a servicios de saneamiento básico, se disminuyen los riesgos de morbilidad y mortalidad por enfermedades relacionadas con el contacto con aguas residuales, tales como infecciones y hongos.

Es necesario que los departamentos y municipios se esfuercen para garantizar que el mayor número de personas tengan acceso a servicios de eliminación de aguas residuales seguros y saludables.

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

### **Formulación del Problema**

Las redes de alcantarillado es un tema en el cual no cuenta con suficiente información debido a que en muchos municipios y principalmente en las zonas rurales no cuentan con este servicio debido a que la cobertura del alcantarillado es mínima y la gran mayoría de los municipios no poseen su plan maestro de acueducto y alcantarillado (PMAA.) en el cual deben exponer la cobertura de acueducto y alcantarillado existente y el estado de las redes. Además, los municipios que cuentan con el PMAA solo unos pocos cumplen con las especificaciones técnicas definidas en el RAS 2000.

El Plan Maestro De Acueducto y Alcantarillado (PMAA) es un tema no frecuente en los planes de desarrollo municipales. El 75% de los municipios no hace referencia a éste. Los municipios restantes tienen un PMAA elaborado o en implementación. Sin embargo, no es posible establecer si dicho plan fue elaborado bajo los criterios técnicos establecidos por el Reglamento Técnico de Sector (RAS). Cabe resaltar que, en el 2005, la Procuraduría General de la Nación solicitó a todos los municipios del país el envío de sus respectivos PMAA, respondiendo a esta solicitud 172 municipios, de los cuales solo unos pocos cumplen con las especificaciones técnicas definidas en el RAS.

El municipio de San Francisco Cundinamarca no cuenta con una red de alcantarillado sanitario y pluvial por separado, este deficiente manejo que se le ha dado por más de 40 años al desagüe de

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

las aguas servidas ha provocado que en época de fuertes lluvias colapse la red de alcantarillado mixto, provocando molestias a los habitantes del municipio por la generación de malos olores debido a la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales, este suceso se está convirtiendo en un problema de salud pública debido a enfermedades de origen hídrico.

El Presente trabajo tiene como fin, el diseño del colector del Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario y Pluvial por separado para el municipio bajo las especificaciones técnicas definidas en el RAS y la resolución 0330 de 2017 como una alternativa que contribuya a mejorar la calidad y el servicio del mismo.

### **Justificación**

El municipio de San Francisco Cundinamarca, teniendo en importancia el aumento de asentamiento humano y por ende la necesidad que tiene el municipio en crecer su infraestructura; se convierte en una necesidad inminente, aumentar la capacidad del alcantarillado sanitario y construir el alcantarillado pluvial para abastecer las diferentes actividades tanto domesticas como industriales; ya que el sistema actual, el cual, funciona desde su construcción como un sistema mixto, es decir que por una misma tubería se transportan todas las aguas residuales domesticas e industriales y las aguas lluvias, ya no tiene la capacidad de conducir las aguas, por esta razón es indispensable el plan maestro de alcantarillado sanitario y pluvial por separado para el municipio.

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

El diseño se debe elaborar debido a que el sistema existente no tiene la capacidad suficiente para evacuar las aguas negras de una población en crecimiento como lo es esta, y primordialmente para evitar problemas como grandes estancamientos de agua como las que se observaron en las pasadas olas invernales y la correcta evacuación de las aguas servidas generadas por la misma población.

### **Objetivos**

#### **Objetivo General**

Elaborar el Pre-Diseño del Plan Maestro de alcantarillado sanitario y pluvial para el casco urbano del municipio de San Francisco, en la provincia del Gualivá, ajustándose a los requerimientos determinados en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) en su Título D (Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domesticas y Aguas Lluvias). y resolución 0330 de 2017 del M.V.C.T.

#### **Objetivos Específicos**

- Recopilación de información secundaria relacionada con el municipio.
- Mejorar la infraestructura de alcantarillado del municipio.
- Plantear una solución a los problemas ambientales.

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

### **Caracterización General de Proyecto**

#### **Generalidades del municipio de San Francisco Cundinamarca**

- **Fuentes de agua**

El municipio de San Francisco, es privilegiado por el recurso hídrico; por su territorio cruzan gran cantidad de corrientes de agua siendo los más importante el Río Cañas, que cruza al municipio por la parte media; el Río Sabaneta, que une sus aguas al Cañas y es límite municipal por la parte suroeste con el municipio de la Vega; el Río San Miguel que atraviesa la vereda de su nombre por la parte sur y al unir sus aguas con el río Cañas forman el río Tabacal que finalmente desemboca en el río Negro Occidental.

#### **Vías de comunicación**

- **Terrestres**

A solo 45 minutos de Bogotá encontramos el Municipio de san Francisco de sales (Cundinamarca), ó 52 Kilómetros al occidente de Bogotá, pertenece a la provincia del Gualivá del Departamento de Cundinamarca. vía Minas, el encuentro, La Vega son las vías principales de acceso que llevan al municipio de San Francisco.

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

### **Hidrología**

- **Cuenca principal**

El municipio de san francisco hace, parte de la cuenca hidrográfica del río negro de occidente, esta cuenca a su vez forma parte de la hoya principal del río Magdalena.

La cuenca del río Negro posee una extensión de 426.000 Ha y se encuentra localizada en la parte noroccidental de la jurisdicción de la CAR, ubicándose geográficamente en las coordenadas 1.020.000-1.135.000 norte y 940.000-1.000.000 Este, en el departamento de Cundinamarca.

En esta cuenca habitan cerca de 250.000 personas y cuenta con tres municipios que superan los 20.000 habitantes (Villeta, Caparrapí y Guaduas.

El área de la cuenca del río Negro en el área de jurisdicción de la CAR es de 4235.24 km<sup>2</sup> correspondiente al 95.2%, de los 4446 km<sup>2</sup> que conforman la cuenca.

### **Factores de forma de la cuenca principal**

- **Caída de la cuenca (Hc)**

La caída de la cuenca del río Negro, dada como la diferencia entre la cota máxima y la mínima es de 3602 m, tomando como el punto más alto de la cuenca el Alto El Infierno en la Cuchilla de El

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

Santuario sobre los 3750 msnm en el nacimiento del río Yayatá y las Peñas de San Antonio en el nacimiento de los ríos Batán y Rute, los cuales originan el río Negro, hasta los 148 msnm en la confluencia de los ríos Negro y Magdalena.

- **Longitud de cuenca (Lc1)**

Es la distancia existente entre el nacimiento del Río Negro y el punto más lejano de la cuenca, para la zona de estudio la longitud de la cuenca es igual a 142.56 km

- **Ancho promedio de la cuenca (W)**

El ancho promedio de la cuenca del río Negro es de 46.58 km, con un ancho máximo de 74.63 km en la parte alta de las cuencas de los ríos Rute, Pinzaima y Tobia y un mayor estrechamiento de 7.53 km a la altura del municipio de Puerto Salgar.

- **Factor de forma de la cuenca (Rf)**

$$RF = \frac{\textit{Area de la cuenca}}{\textit{longitud de la cuenca}^2}$$

El factor de forma de la cuenca del río Negro es de 0.21

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

- **Coefficiente de compacidad (Kc)**

$$k_c = \frac{\text{perimetro}}{2(\pi \times \text{area})^{1/2}}$$

El valor calculado del coeficiente de compacidad para la cuenca del río Negro es de 1.99

- **Índice de alargamiento (Ia)**

$$I_a = \frac{\text{longitud maxima de la cuenca}}{\text{ancho maximo de la cuenca}}$$

El índice de alargamiento para la cuenca del río Negro es de 1.91, lo cual implica una cuenca alargada.

- **Longitud del cauce (Lc)**

Longitud total del cauce del río Negro de 212.937 km desde su nacimiento a 3660 msnm en la quebrada El Santuario, municipio de Pacho, hasta su desembocadura en el río Magdalena en el municipio de Puerto Salgar sobre los 148 m.s.n.m.

**Características de la cuenca del río negro en el municipio de San Francisco de sales**

El municipio de San Francisco, se encuentra ubicado en la parte alta de la hoya hidrográfica de río Negro en las coordenadas 1.030.000- 1.050.000 norte y 970.000- 985.000 este, con una

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

extensión de 118 km<sup>2</sup>, perteneciendo a la cuenca hidrográfica del río Tobia. En la zona de la cuenca que corresponde al territorio municipal de San Francisco se encuentran 3 tipos de unidades geológicas, formación guaduas, Guadalupe y Villeta. En general se puede concluir, que, por las diferentes características geológicas, en el municipio las rocas son consolidadas con una permeabilidad secundaria, suficiente para transportar y almacenar agua subterránea.

Las subcuencas hidrográficas del municipio son 4: la del río Sabaneta con un caudal de 30l l/s, río cañas con un caudal de 20 l/s, río san miguel con un caudal de 30 l/s y el río tabacal.

**Estaciones meteorológicas San Francisco de Sales**

**Tabla 1.**

*Estación pluviométrica*

ESTACIÓN	CODIGO	MUNICIPIO	TIPO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ELEVEACIÓN (m.s.n.m)	AÑOS DE REGISTRO
La Union	2120055	Subachoque	PM	04°52'N - 74°15'W	2652	1960-2016

*Nota:* Información estaciones meteorológicas de la CAR. (CAR, 2016)

La tabla con los datos de las precipitaciones mensuales se encuentra en el **Anexo 3**.

CP: Estación climatológica principal.

CO: Estación climatológica ordinaria.

PM: estación Pluviométrica.

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

- **Precipitación**

La precipitación a través del año registra un régimen Bimodal, determinando las siguientes características:

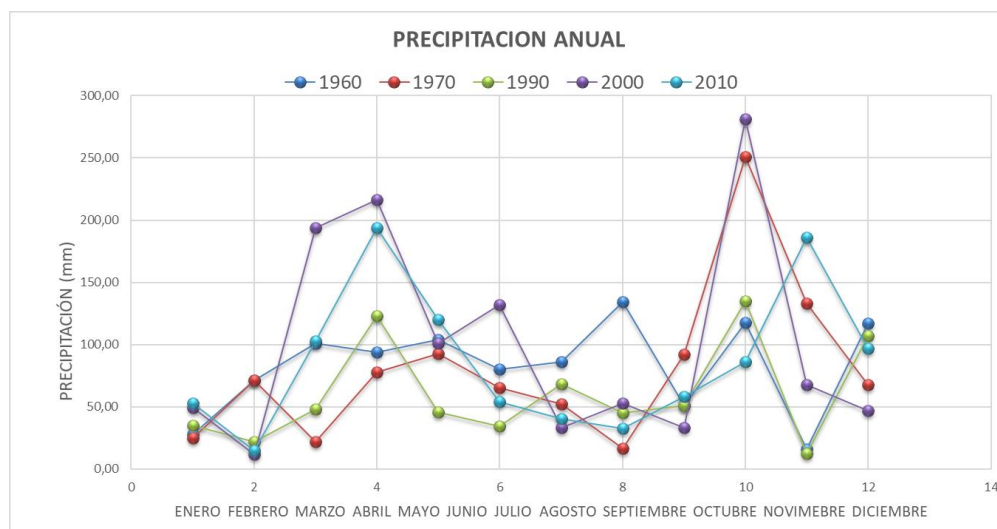
La primera temporada lluviosa se inicia normalmente en el mes de febrero y se prolonga hasta finales de mayo, en total 4 meses; este corresponde al 30 % de la precipitación anual.

La segunda temporada de lluvias, la más intensa incluye el periodo de octubre- noviembre, es decir tres meses y corresponde a 45% de la precipitación anual del municipio.

La distribución anual de la precipitación oscila entre los 25 mm en el sector sur-occidental y 165 mm en el sector sur- oriental, y a medida que se dirige hacia el norte va aumentando hasta llegar a niveles máximos como los 298mm.

## PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.

**Grafico 1.**  
*Precipitación mensual*



*Nota:* Grafica de la precipitación mensual Creación propia. Vargas Castañeda, J. E. (2018). Investigación trabajo de grado. Bogotá (Colombia):

- **Temperatura**

Los diferentes valores de temperatura tomados por las estaciones meteorológicas en el municipio presentan muy poca variación durante el año, la temperatura en la zona varía según la altitud, por ejemplo, en el municipio de san francisco, las temperaturas medias se mantienen casi constantes durante el año teniendo leves descensos en los meses de verano causados por las heladas.

En el sector sur, oriental y occidental las temperaturas varían entre los 11,3°C y 14,1°C. En la parte norte se incrementa hasta alcanzar valores que fluctúan entre los 17,6°C Y LOS 22,5°C.

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

- **Velocidad del viento**

Las velocidades medias mensuales que representan la velocidad del viento, dada en metros por segundo (m/seg.), Los valores medios de la velocidad del viento son relativamente bajos y oscilan entre los 2,5 m/s

- **Brillo solar**

El municipio de San francisco registra valores anuales que oscilan entre 1.600 y 1.700 horas. En las estaciones de Venecia y la primavera, el número de horas de sol mensual fluctúa entre 112 y 187 horas.

- **Humedad relativa**

La humedad relativa anual es alta en todo el municipio, presentando valores que fluctúan entre el 76% y 88%, notándose la incidencia de mayor humedad en cercanías al casco urbano de San Francisco, con registros anuales superiores al 86%, ocurriendo la disponibilidad de menor humedad hacia la zona suroriental y suroccidental con registros anuales del 80%.

- **Evaporación**

Las estaciones que contaron con este parámetro, permiten visualizar muy pocas variaciones que se reflejan en los periodos secos y húmedos sobre el municipio. Los registros no alcanzan a superar los 100 mm mensuales.

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

Teniendo en cuenta que la zona del municipio se encuentra dentro de la cuenca del río negro, estas son las condiciones de la cuenca, según su POMCA.

- **Curvas IDF**

Para las curvas IDF se obtuvo información de la CAR de la estación Pluviométrica más cercana al municipio, esta estación se encuentra en el municipio de Subachoque en el departamento de Cundinamarca, en la vereda Buenavista.

El desarrollo de las curvas IDF se encuentra en el **Anexo 4**.

### **Servicios públicos**

Los servicios públicos están clasificados así:

- Sociales (salud, educación, cultura y recreación y deporte).
- Domiciliarios (acueducto, alcantarillado, aseo público, energía, telecomunicaciones).
- Complementarios (servicios religiosos, centros de abastecimiento, matadero, cuerpo de bomberos, instituciones de auxilio y socorro).
- Sistema vial y medios de transporte.
- Servicios administrativos (administración municipal, notaría, registro de instrumentos públicos, registraduría del estado civil, seguridad pública, administración de justicia).

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

### **Sociales**

- **Salud**

A nivel departamental el sistema de salud está coordinado por el servicio Seccional de Salud de Cundinamarca. En el Municipio de San Francisco, se prestan los servicios del primer nivel de atención en salud, por medio del Centro de Salud de San Francisco que funciona desde hace 50 años y un puesto de salud en la inspección de La Magola. Los servicios de segundo nivel son remitidos al Hospital regional de Facatativá y La Vega.

- **Educación**

En este ítem, se trata de medir la cobertura del sistema educativo, así como la eficiencia y la calidad en la prestación del servicio. El Municipio de San Francisco cuenta con dos establecimientos de educación preescolar, uno en el área urbana y el otro en la Vereda de San Miguel; con 15 establecimientos de educación primaria dos en el casco urbano y trece en la zona rural y cuenta con una institución de educación secundaria básica, ubicada en el casco urbano.

- **Recreación y deporte**

En el municipio de San Francisco, existe la Junta Municipal de Deportes integrada por cinco miembros con voz y voto en sus deliberaciones. Existe un director de deportes y el tesorero. La junta municipal de deportes está conformada por el alcalde, un delegado de Coldeportes, un

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

delegado del magisterio, uno de las entidades campesinas y un delegado de los diferentes Comités de Deportes, elegidos para un periodo de dos años.

### **Servicios domiciliarios**

- **Sistema de acueducto urbano (Acuasafra)**

El servicio es administrado por una junta municipal la cual es elegida directamente por la comunidad, consta de presidente, vicepresidente, tesorero y fiscal, como funcionarios de planta se tiene una secretaria y dos fontaneros.

El municipio cuenta con un nacedero de agua “Quebraditas”, ubicado en la vereda Pueblo Viejo, que mantiene un caudal estable tanto en época de verano como en invierno de 14 l/seg. De los cuales se utilizan 12 l/seg., permitiendo cubrir las necesidades del 90% de la población del casco urbano. Posee una planta de tratamiento con desarenador, floculador, sedimentador, filtros y sistema de cloración manual, utilizando en este proceso 900 y 1.100 Kg. / día de hipoclorito de calcio para su tratamiento.

- **Alcantarillado urbano (Empersafra)**

La administración del servicio de alcantarillado está a cargo de la junta administradora, no se realiza ningún cobro por la prestación del servicio.

No existe un tratamiento de aguas residuales, por lo que se vierten directamente a la quebrada Tóriba y al río Cañas, causando contaminación a dichas fuentes de agua. No existe un sistema de

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

aguas lluvias, lo que hace que, en épocas de invierno estas aguas entren a las cámaras de inspección ocasionando la colmatación del sistema teniendo como consecuencia el desplazamiento combinado de aguas lluvias y negras sobre la superficie de las vías. El diámetro de la red es insuficiente para transportar las aguas residuales combinadas.

- **Aseo urbano (empersafra)**

El servicio de aseo es prestado directamente por el municipio, quien cuenta con dos conductores y cuatro operarios para hacer la recolección.

La recolección se realiza dos días en la semana, y el barrido de las calles tres días en la semana.

Se tiene un número de 1072 usuarios domiciliarios.

La basura del municipio es depositada en el botadero de Mondoñedo, sitio que dista del municipio en 70 kilómetros, lo que conlleva a excesivos gastos de transporte y mantenimiento.

El municipio realiza un cobro ínfimo por la prestación del servicio que generalmente no alcanza para subsidiar los gastos de funcionamiento del compactador.

Para la recolección se tiene un carro compactador. Ya se implementó programa de recolección de botellas de plástico, no hay programa de reutilización de los desechos. En la inspección de la Magola existe una planta incineradora que no se encuentra en funcionamiento.

- **Sistema de energía urbano**

El servicio es prestado por la empresa enel-codensa la cual cuenta con dos funcionarios permanentes en el municipio, para el mantenimiento permanente de la red.

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

Se abastece de la línea de energía que va de la subcentral Balsillas de Mosquera, con una capacidad de 545,5 kilovatios.

Existe una cobertura del servicio del 100% en la zona urbana y adicionalmente presta servicio a algunas viviendas rurales aledañas al casco urbano. Todas las viviendas poseen su medidor.

Tiene un cubrimiento del 95% de alumbrado público, sin embargo, el mantenimiento es realizado por el municipio y este no cuenta con ningún programa de reposición de pantallas.



## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

- **Telefonía urbana (movistar)**

El municipio posee una central telefónica dotada por MOVISTAR y su administración está a cargo de S.A.I. empresa de carácter privado.

- **Gas domiciliario (gas alcano- siva)**

El municipio maneja el servicio de gas natural con empresas privadas, las cuales se encargan de brindar el servicio en todo el municipio (casco urbano y rural).

La empresa Gas Alcano maneja la red a domicilio de gas natural y presta todo el servicio de instalación y la empresa Siva se encarga de la dotación de gas por pipetas a los demás viviendas urbanas y rurales.

### **Complementarios**

- **Mercado urbano**

La plaza de mercado se le hizo un mantenimiento en su infraestructura quedando prácticamente como nueva y su administración es realizada directamente por la alcaldía, quien da en arriendo cada uno de los pabellones. Cuenta con baños públicos con unidades independientes para damas y caballeros relativamente nuevas. Tiene servicios públicos de agua, luz y alcantarillado.

Tiene una sola vía de acceso que corresponde al casco urbano, sin ningún tipo de diseño especial

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

para transporte de carga pesada. La zona de parqueo es muy pequeña, lo que no permite el parqueo de camiones, ni de carros grandes generando congestión el día de mercado.

- **Cementerio**

En el municipio de San Francisco existe un cementerio, que se encuentra localizado en la zona urbana, es administrado por la parroquia.

- **Culto**

En el municipio existe una iglesia, localizada en el parque principal, la población en su gran mayoría puede considerarse católica, aunque en el municipio se profesan otras religiones.

- **Matadero**

El matadero es administrado directamente por el municipio, el degüello se realiza los días martes y viernes, con un promedio de 25 reses y 10 porcinos por semana.

No existe un sistema de conducción y tratamiento de los residuos líquidos. Se cuenta con un coladero de 5 cajas con trampa grasas y rejillas para retención de sólidos.

- **Bomberos y socorro**

En San Francisco, existen servicios de bomberos e institución de socorro como la Defensa Civil.

La Cruz Roja está presente cuando hacen brigadas de salud.

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

### **Estudio de población**

- **Alcance**

En este capítulo se realiza el correspondiente estudio de la población del municipio de San Francisco Cundinamarca.

Aquí se analiza los factores que afectan el consumo de la población, los censos de vivienda realizados en la zona urbana y rural, para así poder realizar la determinación de la población futura, ya que para realizar el proyecto de abastecimiento de agua de una población se hace necesario conocer estos factores.

### **Factores que afectan el consumo**

- **Tipo de comunidad**

San Francisco de Sales es un municipio ubicado en el departamento de Cundinamarca, del cual depende de su fuente de ingreso principal la cual es el comercio, la zona del casco urbano que tiene diferentes usos de suelo.

En este caso en el área de proyecto el uso del suelo que más prima es el residencial y el comercial, el cual está conformado 370 residenciales, 96 comerciales, 120 residencial-comercial, 13 industriales y 6 institucionales.

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

- **Comerciales**

Están conformados por bares, almacenes de ropa, cigarrerías, hoteles, talleres de ornamentación, restaurantes, billares, puntos claro, farmacias, panaderías y talleres de mecánica.

- **Industriales**

Están conformados por el matadero municipal y 9 carnicerías.

- **Institucionales**

Están conformados por la Alcaldía municipal, La estación de policía, la registraduría municipal, centro de salud (E.S.E municipal), estación de bomberos y defensa civil.

- **Público**

Lo constituye el agua que se destina para el riego de zonas verdes, el parque municipal, jardines públicos, limpieza de calles, andenes y plazas públicas.

- **Económico y social**

Este factor es de gran importancia ya que se ha demostrado mediante estudios que las condiciones socio-económicas de una comunidad incide en su consumo, en términos generales una comunidad con nivel socio- económica alta consume mucha más agua que una de nivel bajo.

El municipio de san francisco de sales maneja estratos socio-económico ajustándose a los parámetros y lineamientos metodológicos del departamento nacional de planeación.

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

Según el decreto **No. 017 de 2006** por medio del cual se adopta la estratificación socioeconómica en el área urbana del municipio de san francisco, en el artículo 3 las viviendas se clasifican de la siguiente manera:

**Estrato 1:** Bajo-bajo

**Estrato 2:** Medio-bajo

**Estrato 3:** Medio

**Estrato 4:** Medio-alto

- **Meteorológicos**

La temperatura, la distribución de las lluvias influye en el consumo de una comunidad. De acuerdo a estudios comparativos realizados se ha establecido que en épocas de mayor precipitación disminuye el consumo de agua y que en épocas de sequía aumenta el consumo.

En el E.O.T (esquema de ordenamiento territorial) del municipio de san francisco se ha establecido el análisis climático ya que constituye el conjunto de condiciones de la atmósfera del lugar.

Los más importantes son la precipitación, temperatura, brillo solar, humedad, velocidad del tiempo entre otros.

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

### **Estudios de demanda del agua**

- **Tamaño de la comunidad**

Investigaciones realizadas en algunos países desarrollados, demuestran que el consumo per cápita aumenta con el tamaño de la comunidad, actualmente san francisco cuenta con una población de 3741 habitantes fuera de la población flotante.

Los estudios de proyección de población realizados por los tres métodos, como lo son el geométrico, exponencial y aritmético, se encuentran en los **Anexos 1**.

- **Definición del periodo de diseño**

Para el desarrollo de los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y/o aguas lluvias, y antes de generar alternativas de solución, es necesario establecer el periodo de planeamiento teniendo en cuenta que éste comienza desde el año inicial de operación. Para la definición del periodo de planeamiento o periodo de diseño se deben tener en cuenta: la capacidad del sistema para atender la demanda futura, la densidad poblacional actual y la de saturación, la durabilidad de los materiales y equipos empleados, la calidad de la construcción, así como también la operación y el mantenimiento del mismo. A su vez, el periodo de planeamiento está influido por la demanda del servicio, la programación de las inversiones, las ampliaciones del sistema, las tasas de crecimiento de la población y, el crecimiento económico del municipio. Como mínimo, los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

aguas lluvias deben proyectarse para 25 años para el nivel de complejidad bajo, medio y medio alto se tiene un periodo de diseño de 30 años.

**Tabla 2.**

*Definición periodo de diseño*

<b>Elementos</b>	<b>Periodo de Diseño</b>
Para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo.	25 años

Nota: Periodo de diseño de un sistema (Resolución 0330, 2017)

- **Asignación de la dotación neta**

La dotación neta debe determinarse haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte de la persona prestadora del servicio de acueducto. Se asigna una dotación de 130 lt/ hab\*día según la resolución 0330 de 2017 ya que el municipio está a 1520 m.s.n.m.

**Tabla 3.**

*Asignación dotación neta máxima*

<b>Altura Promedio Sobre El Nivel Del Mar De La Zona Atendida</b>	<b>Dotación Maxima Neta (L/HAB*DÍA)</b>
>2000 m.s.n.m	120
1000 - 2000 m.s.n.m	130
<1000 m.s.n.m	140

Nota: Tabla de Dotaciones neta máximas (Resolución 0330, 2017)

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

### **Marco Referencial**

#### **Marco Teórico**

- **Aguas residuales domésticas**

“Son las aguas de origen residencial (desechos humanos, baños, cocina) y usos relacionados que son recolectados por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria). Estas aguas tienen un contenido de sólidos inferior al 1%. Si bien su caudal y composición es variable, pueden representar ciertos rangos para los parámetros más característicos. ((López Cualla, 2003) (p. 341).

- **Aguas residuales industriales**

“Son aguas provenientes de los procesos industriales y la cantidad y composición de ellas es bastante variable, depende de la actividad productiva y de muchos otros factores (tecnología empleada, calidad de la materia prima, etc). Así estas aguas pueden variar desde aquellas con alto contenido de materia orgánica biodegradable (mataderos, industria de alimentos), otras con materia orgánica y compuestos químicos (curtiembre, industria de celulosa) y finalmente industrias cuyas aguas residuales contienen sustancias inorgánicas u orgánicas no degradables (metalúrgicas, textiles, químicas, mineras). (López Cualla, 2003) (p. 341).

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

- **Aguas Lluvias**

“La escorrentía generada por las precipitaciones es menos contaminada que las aguas residuales domésticas e industriales, y su caudal mayor. Debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos pueden tener una alta cantidad de sólidos suspendidos; en zonas de alta contaminación atmosférica, pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos. La contaminación mayor se produce en las primeras aguas que lavan las áreas por donde se escurre (López Cualla, 2003) (p. 341).

- **Sistemas Convencionales**

Son sistemas tradicionales utilizados para la recolección y transporte de aguas residuales o lluvias hasta los sitios de disposición final. Los tipos de sistemas convencionales son el alcantarillado combinado y el alcantarillado separado. En el primero, tanto las aguas residuales como las pluviales son recolectadas y transportadas por el mismo sistema, mientras que en el tipo separado esto se hace mediante sistemas independientes; es decir, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial.

- **Sistemas No convencionales**

Son sistemas de menor costo, alternativas al alcantarillado convencional sanitario, basados en consideraciones de diseño y adicionales y en una menor tecnología disponible para su operación y mantenimiento. Dentro de estos sistemas alternativos están los denominados alcantarillados simplificados, los alcantarillados condominiales y los alcantarillados sin arrastre de sólidos. Los

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

sistemas no convencionales pueden constituir alternativas de saneamiento cuando, partiendo de sistemas in situ, se incrementa la densidad de población.

- **Los sistemas de alcantarillado alternativos pueden ser:**

- **Los alcantarillados simplificados**

Funcionan esencialmente como un alcantarillado sanitario convencional, pero teniendo en cuenta para su diseño y construcción consideraciones que permiten reducir el diámetro de los colectores tales como la disponibilidad de mejores equipos para su mantenimiento, que permiten reducir el número de pozos de inspección o sustituir por estructuras más económicas.

- **Los alcantarillados condominiales**

Son sistemas que recogen las aguas residuales de un conjunto de viviendas que normalmente están ubicadas en un área inferior a 1Ha mediante colectores simplificados, y son conducidas a la red de alcantarillado municipal o eventualmente a una planta de tratamiento.

- **Los alcantarillados sin arrastre de sólidos**

Son sistemas en los que el agua residual de una o más viviendas es descargada a un tanque interceptor de sólidos donde estos se retienen y degradan, produciendo un efluente sin sólidos

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

sedimentables que es transportado por gravedad en un sistema de colectores de diámetros reducidos y poco profundos.

- **Sistemas in situ**

Disposición in situ de las aguas residuales como las letrinas y tanques, pozos sépticos y campos de riego, los cuales son sistemas de muy bajo costo y pueden ser apropiados en áreas suburbanas con baja densidad de población y con adecuadas características del subsuelo.

- **Componentes de una red de alcantarillado sanitario:**

- **Colectores terciarios**

Son tuberías de pequeño diámetro (150 – 250mm) de diámetro interno, que se pueden colocar debajo de las veredas, a los cuales se conectan las acometidas domiciliarias.

- **Colectores secundarios**

Son las tuberías que recogen las aguas de los terciarios y los conducen a los colectores principales. Están enterradas en las vías públicas.

- **Colectores principales**

Son tuberías de gran diámetro, situadas generalmente están enterradas debajo de las vías públicas, y transportan las aguas servidas hasta su destino final.

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

- **Pozos de inspección**

Son cámaras ubicadas de forma vertical que permiten el acceso a los colectores para facilitar su mantenimiento.

- **Conexiones domiciliarias**

Son pequeñas cámaras, de hormigón o ladrillo que conectan el alcantarillado privado (interior de la propiedad), con el público, en las vías.

- **Estaciones de Bombeo**

Como la red de alcantarillado trabaja por gravedad, para que la red funcione correctamente, la tubería debe tener una pendiente mínima, calculada para garantizar una velocidad mínima del agua, que no permita la sedimentación de los materiales sólidos transportados. En ciudades con la topografía llano, los colectores pueden llegar a tener profundidades superiores a los 4 metros, lo que hace bastantes difícil y muy costosa su construcción y complicado mantenimiento. En estos casos puede ser útil alternar la red con estaciones de bombeo, que permiten elevar el agua servida a una cota más próxima a la cota de la vía.

- **Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)**

Existen varios tipos de plantas de tratamiento, dependiendo de la calidad del agua a la salida, se pueden clasificar en: Plantas de Tratamiento **primario, secundario, terciario.**

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

- **Vertido final de las aguas tratadas**

El vertido final de las aguas tratadas puede ser:

- ✓ Vertida al mar cuando está en proximidad a la costa.
- ✓ Vertida a un río o arroyo.
- ✓ Reutilizada para riego y otras labores apropiadas.

- **Componentes de una red de alcantarillado pluvial:**

- **Cunetas**

Las cunetas recogen y reúnen las aguas pluviales de las vías y de los terrenos colindantes.

- **Sumideros**

Son estructuras verticales que permiten la entrada del agua lluvia a los colectores, reteniendo una parte muy importante del material sólido transportado.

- **Colectores Secundarios**

Son las tuberías que recogen las aguas de lluvia desde los sumideros y las transportan a los pozos de inspección y/o colectores principales.

- **Vertido final**

Son estructuras destinadas a evitar la erosión en los puntos en que las aguas de lluvia recogidas se vierten en los ríos, arroyos y/o mares.

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Artículo 134. Caudal de aguas residuales.**

“Los aportes de aguas residuales deben determinarse con base en información de consumos y/o mediciones recientes registrados en la localidad, y considerando las densidades previstas para el periodo de diseño con base en el Plan de Ordenamiento Territorial o Esquema de Ordenamiento Territorial y Plan de Desarrollo del municipio a través de zonificación del uso de la tierra. Se justificarán los valores adoptados y deben ser aprobados por la persona prestadora del servicio. Se deben estimar caudales para las condiciones iniciales y finales del periodo de diseño, en cada uno de los tramos de la red. El caudal que se requiere calcular en el proyecto es el siguiente:

$$Q_D = \frac{C_R \times P \times D_{NETA}}{86400}$$

Ecuación 1. Caudal de diseño.

**D<sub>NETA</sub>**: La dotación neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab.dia).

**P**: Es el número de habitantes proyectados al periodo de diseño.

**C<sub>R</sub>**: coeficiente de retorno que debe estimarse a partir del análisis de información existente en la localidad y/o mediciones de campo realizadas por la persona prestadora del servicio. De no contar con datos de campo, se debe tomar un valor de 0,85.

(Resolución 0330, 2017) (p. 84).

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

- **Caudal de aguas residuales industriales ( $Q_{in}$ )**

Debe evaluarse de acuerdo al tipo y tamaño de la industria, así como de los procesos de tratamiento de aguas, reutilización de la misma y tecnología empleada para reducir el impacto ambiental.

**Tabla 4.**  
*Contribución mínima en zonas industriales.*

<b>Sistema Alcantarillado</b>	<b>Contribución Industrial (L/s*hab)</b>
Cualquier	0,4 – 1,0

Nota: Valores mínimos de contribución industrial (RAS, Título D).

- **Caudal de aguas residuales comerciales ( $Q_c$ )**

“Debe estar justificado con un estudio detallado, basado en consumos netos, densidades de población y coeficientes de retorno mayores que los de consumo doméstico. Los valores para este caudal están establecidos de acuerdo a la Tabla 4 (RAS, Título D) (p. 52).

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Tabla 5.**

*Contribución mínima en zonas comerciales.*

<b>Sistema Alcantarillado</b>	<b>Contribución Comercial (L/s*hab)</b>
Cualquier	0,5

Nota: Valores mínimos de contribución comercial (RAS, Título D).

**Caudal de aguas residuales institucionales (Qins)**

“Aquí, se encuentran los aportes de instituciones tales como escuelas, colegios, universidades, centros de salud, hospitales, hoteles y otros establecimientos que requieran un tratamiento especial. El valor para este caudal está establecido en la Tabla 5 (RAS, Título D) (p. 53).

**Tabla 6.**

*Contribución mínima en zonas institucionales*

<b>Sistema Alcantarillado</b>	<b>Contribución Institucional (L/s*hab)</b>
Cualquier	0,5

Nota: Valores mínimos de contribución institucional (RAS, Título D).

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

### **Caudal medio diario de aguas residuales (QMD)**

“Se debe calcular el caudal medio diario de aguas residuales como la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales (Resolución 0330, 2017) (p. 84).

Está dado por la Ecuación 2.

$$QMD = Qd + Qin + Qc + Qins$$

Ecuación 2. Caudal medio diario de aguas residuales.

### **Caudal máximo horario (QMH)**

“El factor de mayoración utilizado en la estimación del caudal máximo horario debe calcularse haciendo uso de mediciones de campo, en las cuales se tengan en cuenta los patrones de consumo de la población. En ausencia de datos de campo, se debe estimar con las ecuaciones aproximadas, teniendo en cuenta las limitaciones que puedan presentarse en su aplicabilidad. Este valor deberá estar entre 1,4 y 3,8. (Resolución 0330, 2017) (p. 84).

### **Conexiones Erradas (Qce)**

“Los aportes por conexiones erradas deben estimarse a partir de la información existente en la localidad. En ausencia de la información deberá usar un valor máximo de 0,2 L/s ha (Resolución 0330, 2017) (p. 84).

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

### **Caudal de Infiltración ( $Q_{inf}$ )**

“El caudal de infiltración debe estimarse a partir de aforos en el sistema y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático con respecto a las cotas claves de las tuberías, las dimensiones, estado y tipo de tuberías, los tipos, número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de estructuras de conexión y demás estructuras, y su calidad constructiva. Ante la ausencia de información se debe utilizar un factor entre 0,1 y 0,3 L/s.ha, de acuerdo con las características topográficas, de suelos, los niveles freáticos y la precipitación de la zona del proyecto. Para situaciones en las cuales el nivel freático se encuentre por debajo del nivel de cimentación de la red, el caudal de infiltración podrá excluirse como componente del caudal de diseño (Resolución 0330, 2017) (p. 84).

### **Caudal de diseño ( $Q_{DT}$ )**

“El caudal de diseño de cada tramo de la red de colectores se obtiene sumando al caudal máximo horario, los aportes por conexiones erradas y por infiltraciones como se muestra en la Ecuación 3 (Resolución 0330, 2017) (p. 84).

$$Q_{DT} = Q_{MH} + Q_{CEF} + Q_{INF}$$

Ecuación 3. Caudal de diseño.

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

Nota: “Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea menor que 1,5 L/s, debe adoptarse este último valor como caudal de diseño para el tramo (RAS, Título D) (p. 58). Este caudal es con el cual se parte a hacer el diseño hidráulico de las tuberías.

Esta ecuación es tomada de la resolución 0330 de 2017.

**Artículo 135. Caudal de aguas lluvias.**

“La estimación de aguas lluvias para el diseño de colectores y canales se debe realizar mediante modelos de lluvia – escorrentía, basados en modelos de abstracciones. Se puede utilizar el método racional, siempre y cuando el área de drenaje sea inferior a 80 ha. Para su estimación se deben tener en cuenta los siguientes factores:

1. Periodo de retorno. El periodo de retorno de la lluvia de diseño se debe seleccionar de acuerdo con la importancia de las áreas y los daños, prejuicios o molestias que las inundaciones puedan ocasionar a los habitantes, el tráfico, el comercio, la industria, y la infraestructura. En ningún caso podrán ser menores que los valores mostrados en la siguiente tabla.

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Tabla 7.**

***Periodo de retorno***

<b>Características del área de drenaje</b>	<b>Periodo de retorno (años)</b>
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectareas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas.	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas.	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectareas.	10
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas menores a 1000 hectáreas.	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas.	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas.	100

*Nota:* Condiciones para asignar periodo de retorno en años. (Resolución 0330, 2017) (p. 85).

- Intensidad de la lluvia: Se deben seleccionar las curvas IDF de cada localidad o región particular y verificar su validez. Si no existen o no contemplan datos del último quinquenio, se deben obtener a partir de información pluviográfica de la zona, incluyendo los datos más recientes, para derivar las curvas de frecuencias correspondientes mediante análisis puntuales de frecuencia de eventos extremos máximos. Si esto no permite derivar curvas IDF aceptables para el proyecto, deben ajustarse curvas IDF por métodos sintéticos derivados de información pluviográfica colombiana.

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

3. Tipo de cobertura: Se debe realizar un análisis detallado de las coberturas de las áreas de estudio tanto para situación al inicio como al final del periodo de diseño.
4. Tiempo de concentración: Se debe considerar el tiempo de entrada y el tiempo de recorrido en el sistema. El tiempo de entrada se debe calcular de acuerdo con las características del área de drenaje. Se debe realizar una simulación para tiempos de concentración mínimos entre 3 y 10 minutos y evaluar la incidencia de adoptar uno u otro valor”. (Resolución 0330, 2017)p. 88).

**Artículo 138. Localización de redes.**

“Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las tuberías de alcantarillado deben estar a una distancia mínima de 0,5 de la acera y 1,5 m del paramento, medida entre las superficies externas del conducto, y del sardinel y el paramento, según corresponda.
- Las tuberías de alcantarillado no pueden estar ubicadas en la misma zanja de una tubería de acueducto, y su cota clave siempre debe estar por debajo de la cota batea de la tubería de acueducto.
- Las distancias mínimas libres entre los colectores que conforman la red del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y/o lluvias, y las tuberías de otras redes de servicios públicos deben ser medidas entre las superficies externas de los dos conductos” (Resolución 0330, 2017) (p. 87).

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Artículo 139. Profundidad de instalación de la tubería en alcantarillados.**

“La profundidad de instalación de los colectores debe estar sustentada por estudios geotécnicos y de estabilidad, teniendo en cuenta las condiciones mecánicas y estructurales de la tubería, las uniones y el suelo. Los valores mínimos permisibles de recubrimiento de los colectores que no requieren protección a cargas vivas, con relación a la rasante definitiva, se definen en la siguiente tabla” (Resolución 0330, 2017) (p. 89).

**Tabla 8.**

*Profundidad a las cotas claves del colector*

<b>Servidumbre</b>	<b>Profundidad Cota Clave Colector (m)</b>
Vías peatonales o zonas verdes	0,75
Vías vehiculares	1,2

*Nota:* Tabla de profundidades de tubería Resolución 0330 de 2017.

**Artículo 140. Diámetro interno real mínimo en los alcantarillados sanitarios.**

“El valor permitido para el diámetro interno real mínimo en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales en el alcantarillado sanitario es de 170 mm. Para poblaciones menores de 2.500 habitantes el diámetro interno real permitido es de 140 mm. para que puedan evitarse obstrucciones en los conductos por objetos de gran tamaño que entren al sistema (Resolución 0330, 2017) (p. 89).

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Artículo 141. Criterios de auto limpieza en los alcantarillados sanitarios.**

“La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado sanitario es aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 1,0 Pa. Los criterios de velocidad y esfuerzo cortante se deben determinar para el caudal de diseño, en las condiciones iniciales y finales del periodo de diseño (Resolución 0330, 2017) (p. 89-90).

**Artículo 142. Velocidad máxima en los alcantarillados sanitarios.**

“La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5,0 m/s, determinada para el caudal de diseño (Resolución 0330, 2017) (p. 90).

**Artículo 143. Relación máxima entre profundidad de flujo y diámetro de la tubería en los alcantarillados sanitarios.**

“Para permitir la aireación adecuada del flujo de aguas residuales, el valor máximo permisible de la profundidad del flujo para el caudal de diseño en un colector es de 85% del diámetro interno real de éste (Resolución 0330, 2017) (p. 90).

**Artículo 148. Diámetro interno real mínimo en los alcantarillados pluviales.**

“El diámetro interno real mínimo en los alcantarillados pluviales y combinados es 260 mm. (Resolución 0330, 2017) (p. 93).

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Artículo 149. Criterios de auto limpieza en los alcantarillados pluviales.**

“La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado pluvial es aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 2,0 Pa. Los criterios de velocidad y esfuerzo cortante se deben determinar para el caudal de diseño, en las condiciones iniciales y finales del periodo de diseño (Resolución 0330, 2017) (p. 93).

**Artículo 150. Velocidad máxima en los alcantarillados pluviales.**

“La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5,0 m/s, determinada para el caudal de diseño. (Resolución 0330, 2017) (p. 93).

Nota: “En condiciones hidráulicas especiales y complejas como es el caso de topografías con pendientes superiores a 30%, colectores de gran diámetros o superiores a 600 mm o caudales de flujo superiores a 500 L/s, se permitirán velocidades de flujo superiores a 5m/s; son embargo, la velocidad máxima no deberá sobrepasar los límites de velocidad recomendados para el material del ducto y/o de los accesorios a emplear y no deberá superar los 10 m/s. Las tuberías con velocidades de flujo superior a 5 m/s deben seleccionarse con revestimientos internos especiales que permitan soportar el fenómeno de abrasión a largo plazo. El diseño de prever las protecciones del sistema y plantear las soluciones de disipación de energía necesarias. (Resolución 0330, 2017) (p. 93).

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Artículo 151. Relación máxima entre profundidad y diámetro de la tubería de los alcantarillados pluviales y combinados.**

“El valor máximo permisible de la profundidad del flujo para el caudal de diseño en un colector es de 93% del diámetro interno real de éste, corresponde al flujo lleno.

(Resolución 0330, 2017) (p. 93).

**Artículo 154. Requisitos de diseño de estructuras de conexión**

“Las estructuras de conexión pueden ser pozos o cámaras de inspección. Deben cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Las estructuras de conexión deben ubicarse como mínimo en los siguientes puntos de la red de alcantarillado: al inicio de la red; en los cambios de dirección del flujo; en los cambios de diámetro, material y pendiente del colector; en la confluencia de más de dos tuberías; y a distancia máxima de 120 m para tramos son aportes de caudal y 300 m en interceptores y emisarios finales sin aportes de caudal.
- El diámetro interno de la estructura de conexión debe definirse con las condiciones hidráulicas y geométricas del empalme de las tuberías, garantizando que las tuberías que se conecten a la estructura caben sin cruzarse entre sí y que las pérdidas hidráulicas debido al radio de curvatura de conexión sean mínimas. Adicionalmente se debe considerar la disponibilidad de quipos para el mantenimiento.

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

- Las estructuras de conexión para inspección, limpieza e ingreso del personal de mantenimiento deben diseñarse con los diámetros mínimos estipulados en siguiente tabla.

**Tabla 9.**  
*Diámetros de estructuras pozos de inspección*

<b>Mayor diámetro de las tuberías conectadas (mm)</b>	<b>Diámetro interno de la estructura (m)</b>
De 200 a 500	1,2
Mayor que 500 hasta 750	1,5
Mayor que 750 hasta 900	1,8

Nota: Tabla de diámetros pozos de inspección. Resolución 0330 de 2017.

- Para instalar una tubería se debe adoptar un sistema que absorba los movimientos diferenciales entre la tubería y la estructura, y los esfuerzos que se generen por esta causa. Para tuberías rígidas se instalará una banda de material elástico alrededor de un tramo de tubo empotrado en el cilindro de la estructura, la banda tendrá un ancho igual al espesor del muro menos 2 cm, de forma que quede un centímetro a cada extremo donde se aplicará un cordón de material sellante elástico. Para tuberías flexibles con acople mecánico se debe instalar una unión a la llegada de la estructura, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante; la unión debe quedar adherida externamente a la estructura y el tubo se instala en la unión.

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

- Todas las estructuras deben tener cañuela en el fondo, con el fin de disminuir las pérdidas de energía. El ancho de la cañuela debe ser como mínima el ancho del diámetro interno de la tubería de menor tamaño que se conecte a la estructura y crecer en forma gradual hacia la tubería de salida.
- Las estructuras deben tener impermeabilización interna y externa (Resolución 0330, 2017) (p. 96).

### **Artículo 155. Requisitos de diseño de las cámaras de caída**

“Deben cumplir que el colector que llegue a una estructura de conexión con una diferencia de nivel entre las cotas de bateas mayor a 0,75 m, respecto del colector de salida, debe entregar mediante una cámara de caída. Para desniveles mayores a 7m, se deben diseñar estructuras de disipación de energía (Resolución 0330, 2017) (p. 97).

### **Marco Tecnológico**

Durante más de tres décadas, Sewer-GEMS ha proporcionado a los profesionales de los servicios públicos y aguas residuales herramientas de ingeniería avanzada para planificar, diseñar, mantener y operar sistemas de alcantarillado combinado y sanitario.

Este software simplifica el proceso de modelado para que tenga más tiempo para solucionar problemas de ingeniería de aguas residuales, tales como mejorar la capacidad y limitar los

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

desbordamientos de las alcantarillas, los cuales permiten a los servicios públicos cumplir con la normativa establecida por las autoridades reguladoras.

Es un programa que sirve como herramienta para la simulación de sistemas de alcantarillado incluyendo sus componentes como pozos de mantenimiento, descargas, aliviaderos, coberturas, quebradas, tuberías, entre otros. Esta herramienta nos permite modelar de manera conjunta o separada redes de aguas de lluvias, aguas residuales y combinados. Las aplicaciones de este programa pueden ser varios como: La planificación de la infraestructura, revisión de la capacidad hidráulica de la red, que es en lo que nos concentraremos en este manual.

### **Marco Legal**

En la siguiente tabla se presentan las normas, reglamentos y resoluciones que se usaron para diseñar y/o implementar el producto de este proyecto.

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Tabla 10.**  
*Normatividad Aplicable*

<b>NORMA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Constitución política de Colombia	Título 12 Capítulo 1 Artículo	El estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes.
Ley 1453 de 2011 Reglamentada por el Decreto Nacional 079 de 2012	Contaminación ambiental	El que, con incumplimiento de la normatividad existente, contamine el suelo, el subsuelo, las aguas o demás recursos naturales en tal forma que ponga en peligro la salud humana o los recursos hidrobiológicos, <u>incurrirá, sin perjuicio a sanciones.</u>
Artículo 5 de la ley 142 de 1994	Ley de Servicios Público	Es competencia de los gobiernos municipales brindar de manera eficiente, los servicios domiciliarios de alcantarillado.
RAS	Título B Y D	Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Pluviales
Resolución	0330 08 de Junio del 2017	Reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.
NTC 4205-1-2-3	Unidades de mampostería de arcilla cocida. ladrillos y bloques cerámicos. mampostería de fachada, mampostería estructural y no estructural.	Esta norma reúne los requisitos de la resistencia necesaria a la compresión, con los cuales se construirán los pozos de inspección.

*Nota:* Normas, artículos, y resoluciones para el diseño. Creación propia. Vargas Castañeda, J. E.

(2019). *Investigación trabajo de grado*. Bogotá (Colombia).

## **PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

### **Marco Contextual**

El municipio de San Francisco está ubicado en la República de Colombia a 55 Km, al occidente de Santafé de Bogotá D.C. Pertenece a la Provincia del Gualivá del departamento de Cundinamarca, limita al norte con los municipios de La Vega y Supatá, al oriente con Subachoque y El Rosal, al sur con Facatativá y al occidente con La Vega.

Cuenta con un área total de 118 Km<sup>2</sup>. Sus tierras están comprendidas en los pisos términos templado, frío y piso bioclimático paramo bajo. El municipio presenta una temperatura media de 20°C en la mayor parte del territorio, con una precipitación media anual de 675mm al año. La cabecera municipal se localiza a los 04° 58' 38" de Latitud Norte, 74° 17' 32" de Longitud Oeste y a 1520 metros sobre el nivel del mar.

El municipio presenta un relieve montañoso, destacándose entre los accidentes orográficos de la Cuchilla del Tablazo, el Alto de Minas, la Cordillera de La Laja, el Cerro de Buenavista, Cerro Camacho, Cerro Cuadrado, Cerro del Consumo, Cordillera del Yaque y la Cuchilla del Muña. El sistema hídrico está compuesto principalmente por los ríos Cañas, San Miguel, Sabaneta, Tabacal.

- **Localización geográfica.**

El municipio de San Francisco está ubicado en la República de Colombia a 55 Km. Al occidente de Santafé de Bogotá Pertenece a la Provincia del Gualivá del departamento de Cundinamarca.

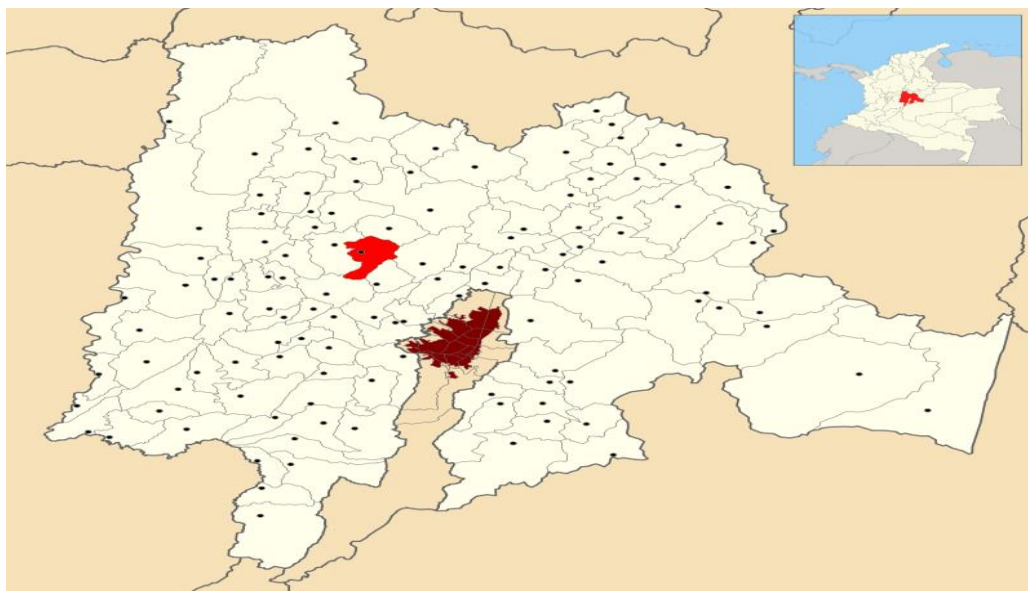
## PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.

Limita por el norte con Supatá y La Vega, por el oriente con Subachoque, por el sur con Facatativá y por el occidente con La Vega.

El municipio se encuentra enmarcado por las siguientes coordenadas cartesianas máximas y mínimas.

- Xmin: 970.000 E                      Xmax: 985.000 E
- Ymin: 1.030.000 N                  Ymax: 1.050.000 N

**Figura 2.**  
**Localización**



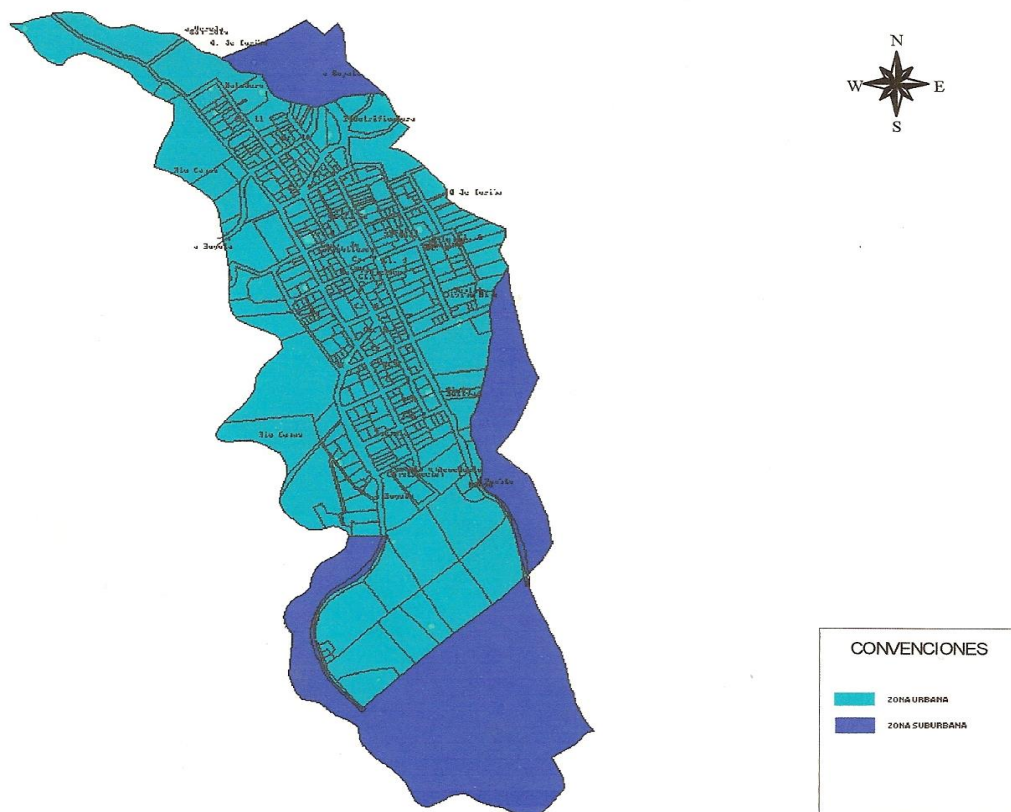
*Nota:* Ubicación del municipio de San Francisco de Sales en el Departamento de Cundinamarca, (Wikipedia, 2018)

## PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.

El municipio cuenta con un área total de 118 Km<sup>2</sup>. Sus tierras están comprendidas en los pisos térmicos templado, frío y piso bioclimático páramo bajo. El municipio presenta una temperatura media de 20°C en la mayor parte del territorio, con una precipitación media anual de 675mm.

**Figura 3.**  
*Expansion urbana*

### MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO ZONA DE EXPANSION URBANA



Nota: Expansión urbana de san francisco de sales en el departamento de Cundinamarca, (Secretaria de infraestructura y planeación San Francisco Cundinamarca, 2018)

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Metodología**

El presente proyecto se realizará con la siguiente metodología:

- Recopilación de información sobre la población.
- Topografía de la zona.
- Descripción de los recursos hídricos.
- Recopilación de información para el estudio de la demanda.
- Obtención tasas de crecimiento.
- Proyección de la Población.

Para la proyección de población se utilizó los tres métodos matemáticos: aritmético, geométrico, exponencial.

**Método Aritmético**

Supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} x (T_f - T_{uc})$$

Ecuación 4. Método aritmético.

$P_f$ = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

$P_{uc}$ = Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

$P_{ci}$ = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

$T_{uc}$ = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

$T_{ci}$ = Año correspondiente al censo inicial con información.

$T_r$ = Año al cual se quiere proyectar la información.

**Método Geométrico**

El método geométrico es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación que se emplea es:

$$P_f = P_{uc} \times (1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

Ecuación 5. Método geométrico.

$r$ = Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

$P_f$ = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

$P_{uc}$ = Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

$P_{ci}$ = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

$T_{uc}$ = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

$T_f$ = Año al cual se quiere proyectar la información.

La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

$$r = \left( \frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{cu} - T_{ci})}} - 1$$

Ecuación 6. Tasa de crecimiento.

**Método exponencial**

Requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, en donde el último censo corresponde a la proyección del DANE.

Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \times e^{kx(T_f - T_{ci})}$$

Ecuación 7. Método exponencial.

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censo, así:

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Ecuación 8. Tasa de crecimiento.

Pcp = Población del censo posterior (proyección del DANE).

Pca = Población del censo anterior (habitantes).

Tcp = Año correspondiente al censo posterior.

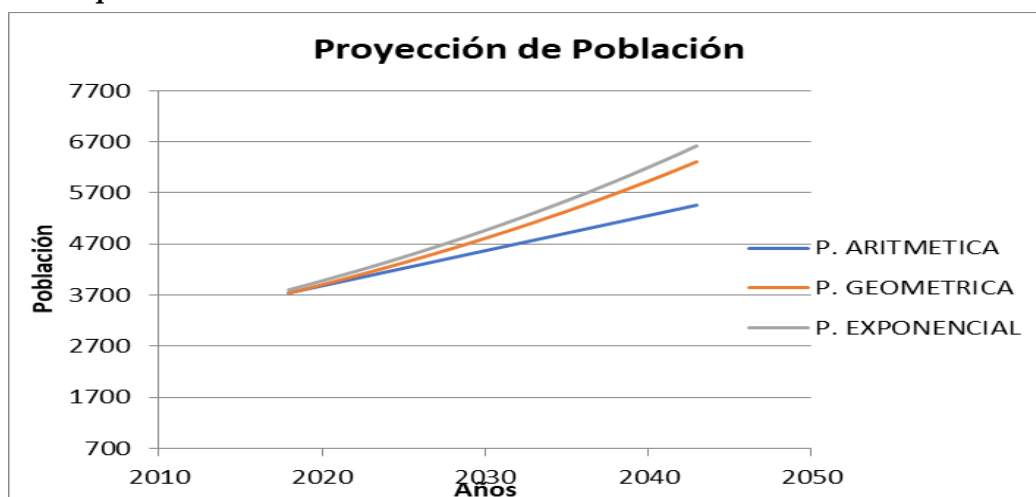
Tca = Año correspondiente al censo anterior.

Ln = Logaritmo natural o neperiano.

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Grafico 2.**

***Proyección de población***



*Nota:* Grafica de proyección de población en el periodo de diseño. Creación propia. Vargas Castañeda, J. E. (2019). *Investigación trabajo de grado*. Bogotá (Colombia):

Se puede observar en la gráfica anterior que la tendencia en los 3 métodos es un aumento desde el año 0 hasta el año 25 del periodo de diseño lo cual muestra en crecimiento que tendrá la población en el municipio de San Francisco.

El método que más se adopta al proyecto es el geométrico ya que el municipio tiene una importante actividad económica, la cual es el comercio, y tiene importantes áreas de expansión urbana, las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades.

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

- Obtención caudal máximo diario.
- Obtención caudal máximo horario.
- Obtención caudal de diseño.
- Planteamiento de Recomendaciones.

**Conclusiones**

- Aproximadamente 7000 personas se verán beneficiadas de la conducción y evacuación de aguas residuales, por ende, esto tendrá un reflejo en su mejora de calidad de vida.
- El sistema utilizado es el sistema convencional por separado, este sistema es el que más se acomoda a las especificaciones y normas de diseño exigidas por el RAS, pero sobre todo es el que más se ajusta a las necesidades del municipio.
- Con el trabajo realizado, se evidenció el descuido que existe en las redes de alcantarillado en el municipio, por esto, tanto al inicio como al final del presente trabajo se socializó con la comunidad del Casco Urbano del Municipio de San Francisco. Con la socialización realizada se les dio a entender la problemática que trae consigo la falta de un sistema de alcantarillado óptimo.
- Al implementarse el proyecto se mejorará no solo la calidad de vida de los habitantes, también se podrá crear fuentes de trabajo y mejorar el ecosistema del sector.

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

- Las ventajas de diseñar el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial con accesorios y tuberías PVC, son las de tener mayor vida útil, una mayor capacidad hidráulica, mejor resistencia al ataque químico externo y una fácil instalación.
- Se espera como resultado final que los habitantes del municipio considerando que ya hay un diseño hagan valer sus derechos de tener un ambiente saludable de vivir y a su vez que se efectuó el Plan de Maestro de Alcantarillado.

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Referencias Bibliográficas**

Ley 142 de 1994; por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se

dictan otras disposiciones. Ley U.S.C. (1994). Retrieved

from <http://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752>

Constitución política de Colombia, Constitución U.S.C. (2010). Retrieved

from [https://www.ramajudicial.gov.co/documents/10228/1547471/CONSTITUCION-](https://www.ramajudicial.gov.co/documents/10228/1547471/CONSTITUCION-Interiores.pdf)

[Interiores.pdf](https://www.ramajudicial.gov.co/documents/10228/1547471/CONSTITUCION-Interiores.pdf)

Bentley. (2019). SewerGEMS. Gestión responsable del alcantarillado; Retrieved

from [https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-](https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/sewergems)

[software/sewergems](https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/sewergems)

Empresas Públicas de Medellín, EPM. (2009). Guía para el diseño hidráulico de redes de

alcantarillado. Medellín (Colombia): Empresas Públicas de Medellín EPM.

Gobernación de Cundinamarca. Alcaldía municipal de san francisco; Retrieved

from <http://www.sanfrancisco-cundinamarca.gov.co/>

López Cualla, R. A. (2003). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado; (2 ed.).

Bogotá (Colombia): Escuela Colombiana de Ingeniería.

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

Resolución 000330 de 2017, Resolución U.S.C. (2017). Retrieved

from [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%200330%20de%202017.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%200330%20de%202017.pdf)

Saldarriaga Valderrama, J. G. (2016). Título D. sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias. Bogotá (Colombia): Todos por un nuevo País y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

UNICEF.III. el agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo. Unicef Colombia, 31, 1-26.

**Anexos**

**Anexo 1.**

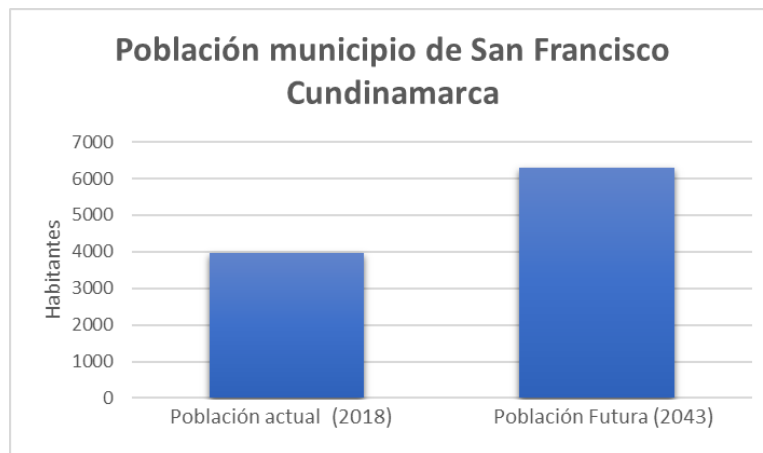
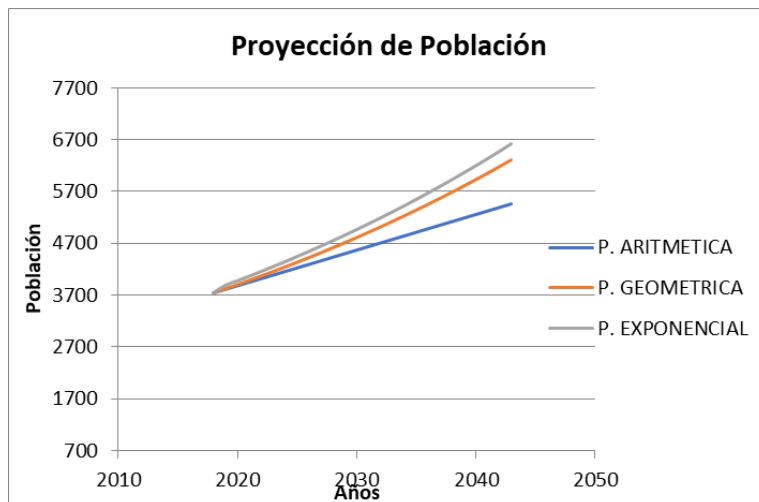
**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Población Total**

AÑO	CENSO
1993	2150
2005	2851
2018	3741

Año	P. Aritmetica	P. Geometrica		P. Exponencial	
		R	POBLACION	K	POBLACION
2018	3741	0,021	3740	0,022	3741
2019	3809	0,021	3819	0,022	3888
2020	3878	0,021	3900	0,022	3975
2021	3946	0,021	3982	0,022	4064
2022	4015	0,021	4066	0,022	4155
2023	4083	0,021	4152	0,022	4248
2024	4152	0,021	4240	0,022	4343
2025	4220	0,021	4329	0,022	4441
2026	4289	0,021	4421	0,022	4540
2027	4357	0,021	4514	0,022	4642
2028	4426	0,021	4610	0,022	4746
2029	4494	0,021	4707	0,022	4852
2030	4563	0,021	4806	0,022	4961
2031	4631	0,021	4908	0,022	5072
2032	4699	0,021	5012	0,022	5185
2033	4768	0,021	5117	0,022	5302
2034	4836	0,021	5225	0,022	5420
2035	4905	0,021	5336	0,022	5542
2036	4973	0,021	5449	0,022	5666
2037	5042	0,021	5564	0,022	5793
2038	5110	0,021	5681	0,022	5923
2039	5179	0,021	5801	0,022	6055
2040	5247	0,021	5924	0,022	6191
2041	5316	0,021	6049	0,022	6330
2042	5384	0,021	6177	0,022	6472
2043	5453	0,021	6307	0,022	6617

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**



**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Diseño Sistema Alcantarillado**

<b>Datos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Población</b>	6308	Habitantes
<b>Dotación</b>	130	L/Hab/día
<b>Area Cabecera</b>	62,32	Ha
<b>Densidad población</b>	101,212	Hab/Ha
<b>Coefficiente retorno</b>	0,85	Adimensional
<b>Tasa infiltración</b>	Media	Nivel



**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Anexo 3.**

**Registros Pluviométricos**

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA				
Estación: La union	Coordenadas UTM (m)	X =	Cota =	2652
Denominación: PM		Y =		

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL**  
**CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1960	27,80	71,00	100,80	93,70	103,80	80,40	85,80	134,30	51,10	117,50	16,20	117,20	134,30
1961	95,90	69,20	49,30	128,80	17,30	137,90	84,00	29,30	33,80	148,30	141,20	20,70	148,30
1962	22,40	16,50	57,20	63,00	115,60	62,00	58,50	106,50	80,50	128,10	137,50	61,00	137,50
1963	27,50	73,10	75,00	116,50	87,50	47,50	75,00	32,50	25,50	65,50	138,50	20,50	138,50
1964	3,50	21,00	46,50	117,00	42,50	159,50	45,00	106,00	36,60	78,00	42,50	63,50	159,50
1965	17,00	0,00	14,50	61,10	96,00	26,10	21,00	58,50	56,00	133,50	156,50	13,00	156,50
1966	0,00	30,50	31,00	117,00	116,70	92,50	56,00	45,50	27,00	60,50	102,00	121,00	121,00
1967	12,70	42,00	52,50	86,00	87,50	114,50	31,00	31,00	38,50	64,00	151,00	82,50	151,00
1968	25,00	52,50	50,50	163,50	98,00	88,00	96,50	14,10	109,80	124,00	40,00	32,50	163,50
1969	36,00	33,00	21,00	154,00	74,00	115,50	21,50	27,50	167,00	139,00	139,00	39,00	167,00
1970	25,00	71,50	22,00	77,50	92,50	65,00	52,00	16,50	92,00	251,00	133,00	67,50	251,00
1971	126,50	119,00	97,50	100,00	174,50	56,50	32,00	87,50	64,50	182,50	97,00	53,50	182,50
1972	75,90	25,20	72,60	194,00	181,00	109,00	54,00	76,50	36,50	42,00	67,50	78,50	194,00
1973	8,00	14,50	63,50	53,00	78,00	180,00	57,50	93,50	147,50	114,50	149,00	170,00	180,00
1974	79,00	66,50	186,50	105,50	65,50	57,50	47,50	61,50	148,50	131,00	134,00	29,50	186,50
1975	8,00	103,00	69,50	60,50	92,00	47,00	106,00	74,00	96,50	182,50	180,00	97,00	182,50
1976	30,00	80,00	161,30	164,00	144,00	90,50	111,50	16,00	86,00	202,50	48,00	43,50	202,50
1977	26,50	30,00	100,50	88,00	73,00	110,00	77,00	140,50	82,00	188,50	88,00	55,00	188,50
1978	34,50	41,00	136,00	232,50	96,50	125,20	55,00	41,00	104,00	213,50	132,00	74,00	232,50
1979	60,00	20,00	68,00	203,00	93,00	198,50	77,50	94,00	146,50	256,00	82,00	151,00	256,00
1980	43,50	92,00	34,00	78,00	102,50	88,50	34,00	51,50	29,00	38,00	11,00	11,00	102,50
1981	0,00	9,00	27,00	93,00	171,00	86,00	18,00	62,00	45,50	175,00	71,50	42,00	175,00
1982	33,00	162,00	89,00	144,00	155,00	60,00	32,50	13,00	72,60	89,00	99,40	53,80	162,00
1987	36,00	79,00	28,00	65,00	156,00	15,00	88,00	15,00	100,00	163,00	97,00	0,00	163,00
1988	12,80	50,20	26,20	122,70	14,40	74,50	74,60	63,40	62,30	110,20	97,10	100,10	122,70
1991	80,50	42,00	218,00	94,00	180,00	32,50	34,50	38,50	76,00	42,50	106,50	75,50	218,00
1992	5,50	59,50	29,50	35,00	49,00	35,00	71,00	21,00	56,00	41,00	123,00	61,00	123,00
1993	68,90	82,50	169,50	183,00	145,00	33,50	60,00	13,50	104,00	69,50	209,50	116,50	209,50
1994	39,00	73,00	35,00	122,50	74,50	106,00	46,50	61,00	45,50	103,00	93,00	10,00	122,50
1995	0,00	41,00	109,50	180,50	179,50	74,00	91,50	124,00	27,00	113,00	32,00	94,50	180,50
1996	35,00	22,00	48,00	123,20	45,60	34,50	68,50	45,00	51,00	135,00	12,50	107,00	135,00
1997	77,50	36,50	108,00	72,50	60,50	72,00	18,50	21,00	56,50	62,80	82,00	0,00	108,00
1998	27,00	44,00	31,00	113,80	116,00	57,40	48,00	68,10	67,10	154,50	109,50	90,50	154,50
1999	73,50	154,10	93,80	70,00	77,50	131,50	27,50	94,70	143,50	166,00	203,50	96,00	203,50
2000	35,50	95,50	77,50	48,50	22,90	45,00	46,20	45,50	121,50	92,50	117,00	54,00	121,50
2001	35,10	43,00	104,00	29,50	153,00	36,50	31,50	16,00	110,50	76,50	77,50	148,00	153,00
2002	16,00	5,50	97,00	234,00	90,50	58,50	12,50	16,00	36,50	138,00	37,00	74,50	234,00
2003	20,20	54,50	85,50	188,50	71,50	60,20	82,00	29,00	120,00	162,00	93,00	62,00	188,50
2004	45,00	64,00	149,00	150,00	114,00	38,00	72,00	29,00	135,00	137,00	133,00	25,00	150,00
2005	0,00	65,00	5,00	96,00	123,00	26,00	16,00	132,00	75,20	65,30	48,50	0,00	132,00
2006	49,00	12,00	193,50	216,20	100,90	132,00	33,30	53,00	32,90	281,10	67,60	47,10	281,10
2007	17,40	45,00	61,50	130,20	61,50	66,50	21,30	120,00	41,00	220,00	140,00	168,20	220,00
2008	86,00	114,00	117,20	134,00	207,00	110,00	121,00	117,00	104,00	159,00	123,00	52,30	207,00
2009	51,00	68,00	156,00	102,00	80,00	115,00	13,00	18,00	20,00	125,00	192,00	5,00	192,00
2010	12,00	21,00	8,00	226,00	285,00	152,00	249,00	66,00	125,00	121,00	110,00	172,00	285,00
2011	38,00	91,00	190,00	220,00	193,00	88,00	52,00	70,00	95,00	368,00	271,00	137,00	368,00
2012	94,00	14,00	127,00	194,00	93,00	42,00	84,00	54,00	36,00	188,00	64,00	37,00	194,00
2013	13,00	106,00	134,00	179,00	234,00	45,00	27,00	20,70	39,50	105,00	154,00	165,00	234,00
2014	74,70	130,70	105,80	118,80	154,90	73,00	63,20	96,00	80,00	248,00	175,00	53,00	248,00
2015	56,00	50,00	40,00	122,00	41,00	76,00	77,00	45,00	11,00	24,60	109,00	0,00	122,00
2016	53,00	15,00	103,00	194,00	120,00	54,00	40,20	32,80	58,40	86,10	186,30	97,00	194,00
2017	74,90	74,30	122,50	84,50	147,80	85,50	61,00	52,60	75,20	155,00	180,70	98,90	180,70
2018	25,70	109,40	91,60	382,20	206,00	30,90	55,30	33,00	110,70	176,70	64,40	77,10	382,20
<b>MAX</b>	<b>126,50</b>	<b>162,00</b>	<b>218,00</b>	<b>382,20</b>	<b>285,00</b>	<b>198,50</b>	<b>249,00</b>	<b>140,50</b>	<b>167,00</b>	<b>368,00</b>	<b>271,00</b>	<b>172,00</b>	<b>382,20</b>

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Anexo 4.**

**Curvas IDF**

Cálculo variables probabilísticas	Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencia																																													
$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 85,22 \text{ mm}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Periodo Retorno</th> <th>Variable Reducida</th> <th>Precip. (mm)</th> <th>Prob. de ocurrencia</th> <th>Corrección intervalo fijo</th> </tr> <tr> <th>Años</th> <th>YT</th> <th>XT'(mm)</th> <th>F(xT)</th> <th>XT (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>0,9027</td> <td>105,1178</td> <td>0,6667</td> <td>118,7831</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1,4999</td> <td>141,6314</td> <td>0,8000</td> <td>160,0435</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>2,2504</td> <td>187,5120</td> <td>0,9000</td> <td>211,8886</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>3,1985</td> <td>245,4823</td> <td>0,9600</td> <td>277,3950</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>3,9019</td> <td>288,4880</td> <td>0,9800</td> <td>325,9914</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>4,6001</td> <td>331,1761</td> <td>0,9900</td> <td>374,2290</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>6,2136</td> <td>429,8219</td> <td>0,9980</td> <td>485,6988</td> </tr> </tbody> </table>	Periodo Retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Corrección intervalo fijo	Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)	3	0,9027	105,1178	0,6667	118,7831	5	1,4999	141,6314	0,8000	160,0435	10	2,2504	187,5120	0,9000	211,8886	25	3,1985	245,4823	0,9600	277,3950	50	3,9019	288,4880	0,9800	325,9914	100	4,6001	331,1761	0,9900	374,2290	500	6,2136	429,8219	0,9980	485,6988
Periodo Retorno		Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Corrección intervalo fijo																																									
Años		YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)																																									
3		0,9027	105,1178	0,6667	118,7831																																									
5		1,4999	141,6314	0,8000	160,0435																																									
10	2,2504	187,5120	0,9000	211,8886																																										
25	3,1985	245,4823	0,9600	277,3950																																										
50	3,9019	288,4880	0,9800	325,9914																																										
100	4,6001	331,1761	0,9900	374,2290																																										
500	6,2136	429,8219	0,9980	485,6988																																										
$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 78,41 \text{ mm}$	$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$																																													
$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 61,14 \text{ mm}$																																														
$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 49,93 \text{ mm}$																																														

**Coefficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas**

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0,30	0,39	0,46	0,52	0,57	0,61	0,68	0,80	0,91	1,00

**Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias**

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		3 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	118,7831	160,0435	211,8886	277,3950	325,9914	374,2290	485,6988
18 hr	X18 = 91%	108,0926	145,6395	192,8186	221,9160	296,6522	340,5484	441,9859
12 hr	X12 = 80%	95,0265	128,0348	169,5109	221,9160	260,7932	299,3832	388,5590
8 hr	X8 = 68%	80,7725	108,8295	144,0842	188,6286	221,6742	254,4757	330,2752
6 hr	X6 = 61%	72,4577	97,6265	129,2520	169,2110	198,8548	228,2797	296,2762
5 hr	X5 = 57%	67,7063	91,2248	120,7765	158,1152	185,8151	213,3106	276,8483
4 hr	X4 = 52%	61,7672	83,2226	110,1821	144,2454	169,5156	194,5991	252,5634
3 hr	X3 = 46%	54,6402	73,6200	97,4687	127,6017	149,9561	172,1454	223,4214
2 hr	X2 = 39%	46,3254	62,4169	82,6365	108,1841	127,1367	145,9493	189,4225
1 hr	X1 = 30%	35,6349	48,0130	63,5666	83,2185	97,7974	112,2687	145,7096

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

<b>Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma</b>								
$I = \frac{P [mm]}{t_{duración} [hr]}$								
<b>Tiempo de duración</b>		<b>Intensidad de la lluvia (mm/hr) según el Periodo de Retorno</b>						
<b>Hr</b>	<b>min</b>	<b>3 años</b>	<b>5 años</b>	<b>10 años</b>	<b>25 años</b>	<b>50 años</b>	<b>100 años</b>	<b>500 años</b>
24 hr	1440	4,9493	6,6685	8,8287	11,5581	13,5830	15,5929	20,2374
18 hr	1080	6,0051	8,0911	10,7121	12,3287	16,4807	18,9194	24,5548
12 hr	720	7,9189	10,6696	14,1259	18,4930	21,7328	24,9486	32,3799
8 hr	480	10,0966	13,6037	18,0105	23,5786	27,7093	31,8095	41,2844
6 hr	360	12,0763	16,2711	21,5420	28,2018	33,1425	38,0466	49,3794
5 hr	300	13,5413	18,2450	24,1553	31,6230	37,1630	42,6621	55,3697
4 hr	240	15,4418	20,8056	27,5455	36,0614	42,3789	48,6498	63,1408
3 hr	180	18,2134	24,5400	32,4896	42,5339	49,9854	57,3818	74,4738
2 hr	120	23,1627	31,2085	41,3183	54,0920	63,5683	72,9747	94,7113
1 hr	60	35,6349	48,0130	63,5666	83,2185	97,7974	112,2687	145,7096

Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Periodo de retorno:  $I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$

en la cual:

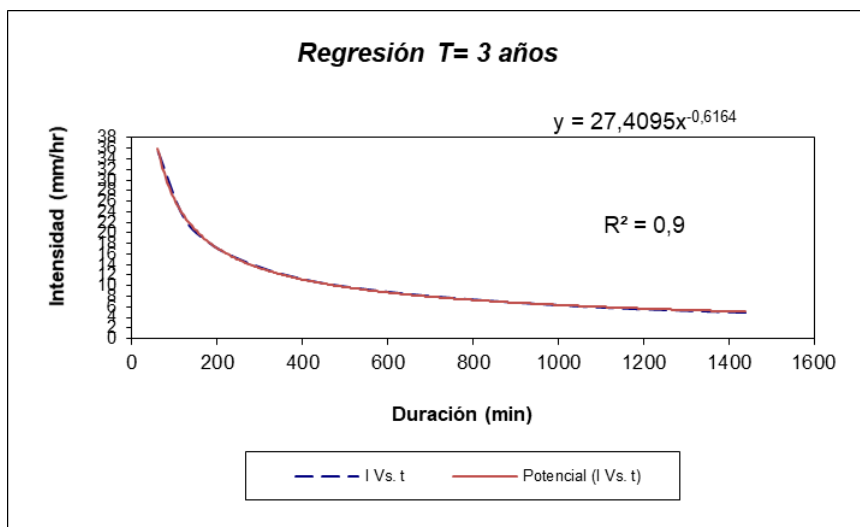
I = Intensidad (mm/hr)  
t = Duración de la lluvia (min)  
T = Periodo de retorno (años)  
K, m, n = Parámetros de ajuste

Realizando un cambio de variable:  $d = K \cdot T^m$

Con lo que de la anterior expresión se obtiene:  $I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$

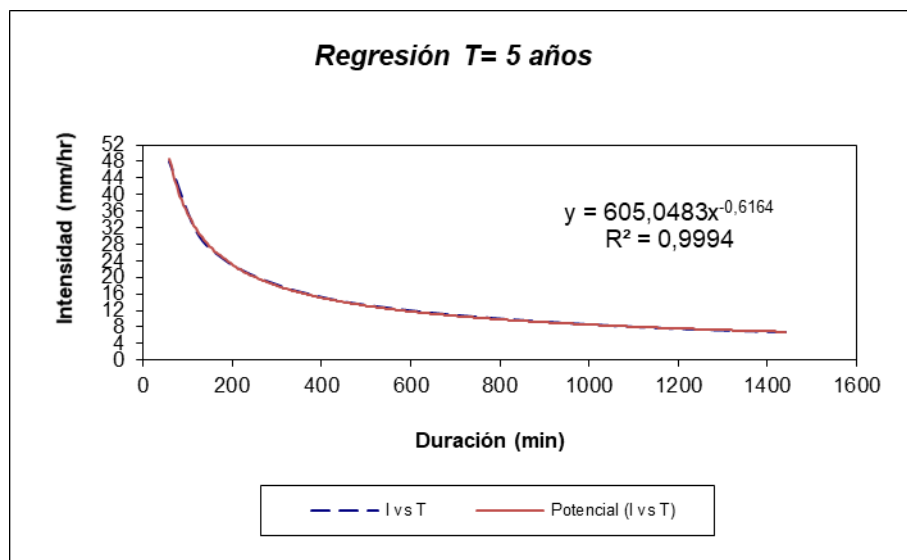
<b>Periodo de retorno para T = 3 años</b>						
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
1	1440	4,9493	7,2724	1,5992	11,6303	52,8878
2	1080	6,0051	6,9847	1,7926	12,5209	48,7863
3	720	7,9189	6,5793	2,0692	13,6141	43,2865
4	480	10,0966	6,1738	2,3122	14,2750	38,1156
5	360	12,0763	5,8861	2,4912	14,6637	34,6462
6	300	13,5413	5,7038	2,6057	14,8626	32,5331
7	240	15,4418	5,4806	2,7371	15,0009	30,0374
8	180	18,2134	5,1930	2,9022	15,0708	26,9668
9	120	23,1627	4,7875	3,1425	15,0449	22,9201
10	60	35,6349	4,0943	3,5733	14,6304	16,7637
10	4980	147,0402	58,1555	25,2254	141,3137	346,9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>6,1072</b>	<b>d =</b>	<b>449,0624</b>	<b>n =</b>	<b>-0,6164</b>	

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**



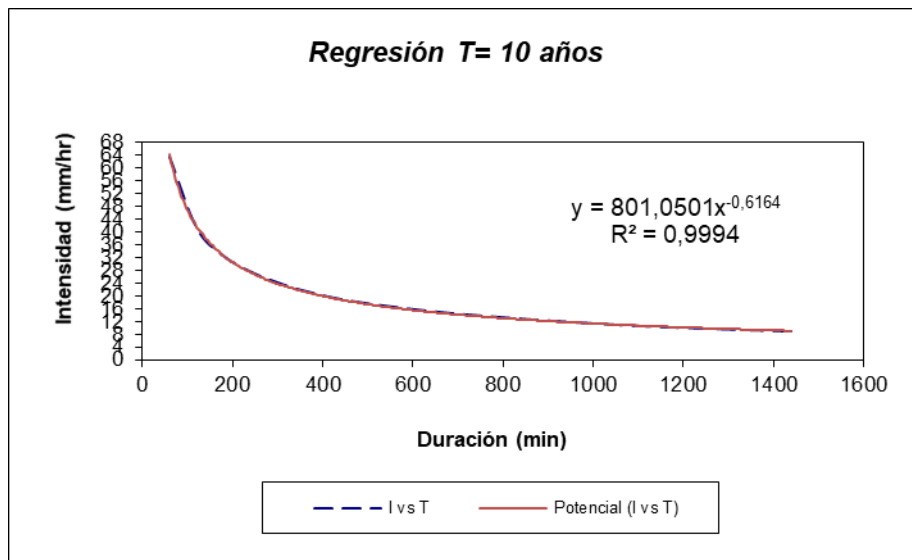
<b>Periodo de retorno para T = 5 años</b>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	6,6685	7,2724	1,8974	13,7986	52,8878
2	1080	8,0911	6,9847	2,0908	14,6034	48,7863
3	720	10,6696	6,5793	2,3674	15,5757	43,2865
4	480	13,6037	6,1738	2,6103	16,1157	38,1156
5	360	16,2711	5,8861	2,7894	16,4186	34,6462
6	300	18,2450	5,7038	2,9039	16,5631	32,5331
7	240	20,8056	5,4806	3,0352	16,6350	30,0374
8	180	24,5400	5,1930	3,2003	16,6190	26,9668
9	120	31,2085	4,7875	3,4407	16,4723	22,9201
10	60	48,0130	4,0943	3,8715	15,8511	16,7637
10	4980	198,1160	58,1555	28,2069	158,6526	346,9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>6,4053</b>	<b>d =</b>	<b>605,0483</b>	<b>n =</b>	<b>-0,6164</b>	

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**



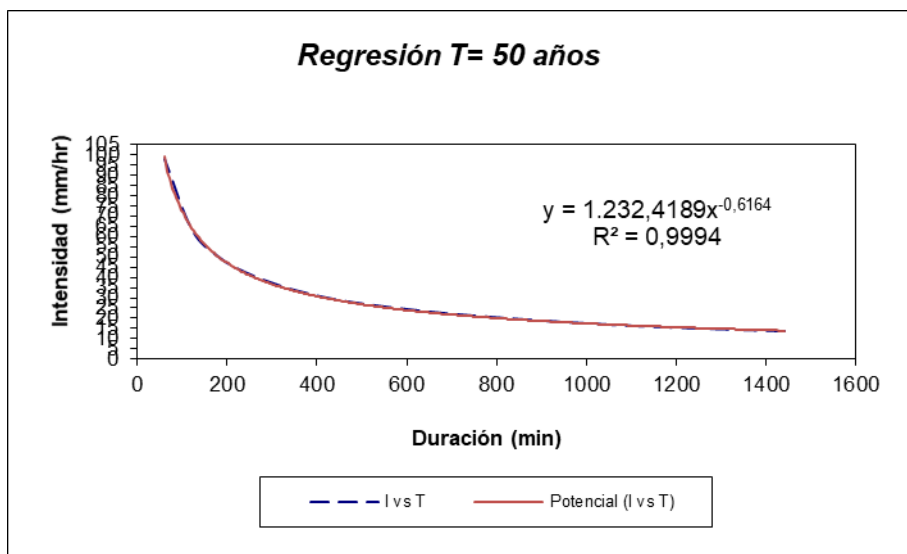
<b>Periodo de retorno para T = 10 años</b>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	8,8287	7,2724	2,1780	15,8393	52,8878
2	1080	10,7121	6,9847	2,3714	16,5634	48,7863
3	720	14,1259	6,5793	2,6480	17,4219	43,2865
4	480	18,0105	6,1738	2,8910	17,8481	38,1156
5	360	21,5420	5,8861	3,0700	18,0704	34,6462
6	300	24,1553	5,7038	3,1845	18,1637	32,5331
7	240	27,5455	5,4806	3,3158	18,1729	30,0374
8	180	32,4896	5,1930	3,4809	18,0763	26,9668
9	120	41,3183	4,7875	3,7213	17,8157	22,9201
10	60	63,5666	4,0943	4,1521	17,0001	16,7637
10	4980	262,2945	58,1555	31,0130	174,9719	346,9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>6,6859</b>		<b>d = 801,0501</b>		<b>n = -0,6164</b>	

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**



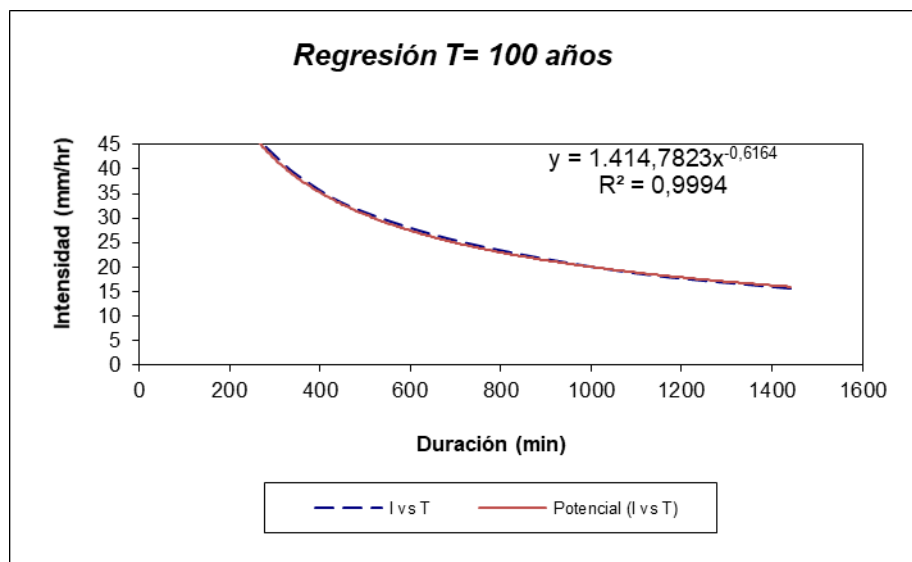
<b>Periodo de retorno para T = 50 años</b>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	13,5830	7,2724	2,6088	18,9724	52,8878
2	1080	16,4807	6,9847	2,8022	19,5725	48,7863
3	720	21,7328	6,5793	3,0788	20,2563	43,2865
4	480	27,7093	6,1738	3,3218	20,5079	38,1156
5	360	33,1425	5,8861	3,5008	20,6062	34,6462
6	300	37,1630	5,7038	3,6153	20,6210	32,5331
7	240	42,3789	5,4806	3,7467	20,5340	30,0374
8	180	49,9854	5,1930	3,9117	20,3134	26,9668
9	120	63,5683	4,7875	4,1521	19,8782	22,9201
10	60	97,7974	4,0943	4,5829	18,7640	16,7637
10	4980	403,5412	58,1555	35,3211	200,0259	346,9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>7,1167</b>		<b>d = 1232,4189</b>		<b>n = -0,6164</b>	

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**



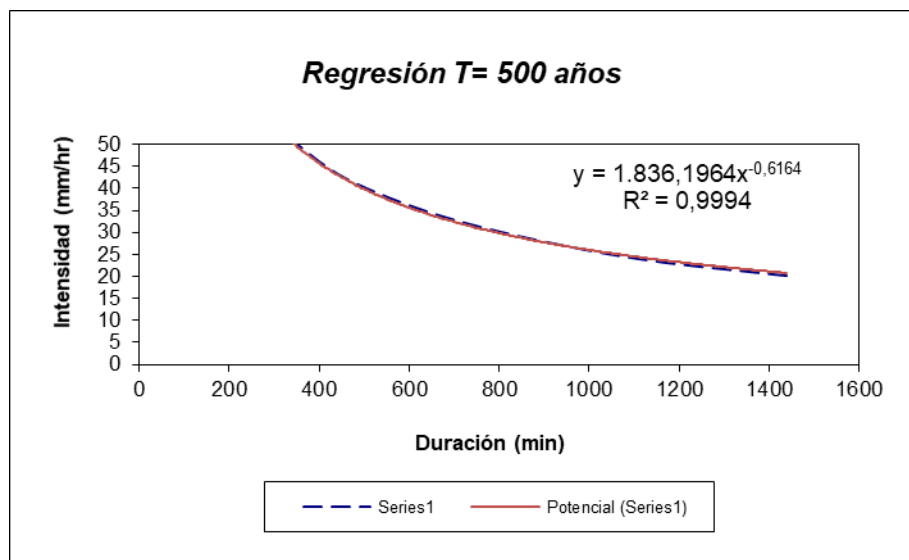
<b>Periodo de retorno para T = 100 años</b>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	15,5929	7,2724	2,7468	19,9759	52,8878
2	1080	18,9194	6,9847	2,9402	20,5364	48,7863
3	720	24,9486	6,5793	3,2168	21,1643	43,2865
4	480	31,8095	6,1738	3,4598	21,3598	38,1156
5	360	38,0466	5,8861	3,6388	21,4184	34,6462
6	300	42,6621	5,7038	3,7533	21,4081	32,5331
7	240	48,6498	5,4806	3,8846	21,2903	30,0374
8	180	57,3818	5,1930	4,0497	21,0301	26,9668
9	120	72,9747	4,7875	4,2901	20,5389	22,9201
10	60	112,2687	4,0943	4,7209	19,3290	16,7637
10	4980	463,2540	58,1555	36,7011	208,0511	346,9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>7,2547</b>		<b>d = 1414,7823</b>		<b>n = -0,6164</b>	

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**



<b>Periodo de retorno para T = 500 años</b>							
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2	
1	1440	20,2374	7,2724	3,0075	21,8720	52,8878	
2	1080	24,5548	6,9847	3,2009	22,3574	48,7863	
3	720	32,3799	6,5793	3,4775	22,8796	43,2865	
4	480	41,2844	6,1738	3,7205	22,9695	38,1156	
5	360	49,3794	5,8861	3,8995	22,9531	34,6462	
6	300	55,3697	5,7038	4,0140	22,8952	32,5331	
7	240	63,1408	5,4806	4,1454	22,7193	30,0374	
8	180	74,4738	5,1930	4,3104	22,3840	26,9668	
9	120	94,7113	4,7875	4,5508	21,7871	22,9201	
10	60	145,7096	4,0943	4,9816	20,3965	16,7637	
10	4980	601,2411	58,1555	39,3083	223,2135	346,9435	
<b>Ln (d) =</b>		<b>7,5155</b>	<b>d =</b>	<b>1836,1964</b>	<b>n =</b>	<b>-0,6164</b>	

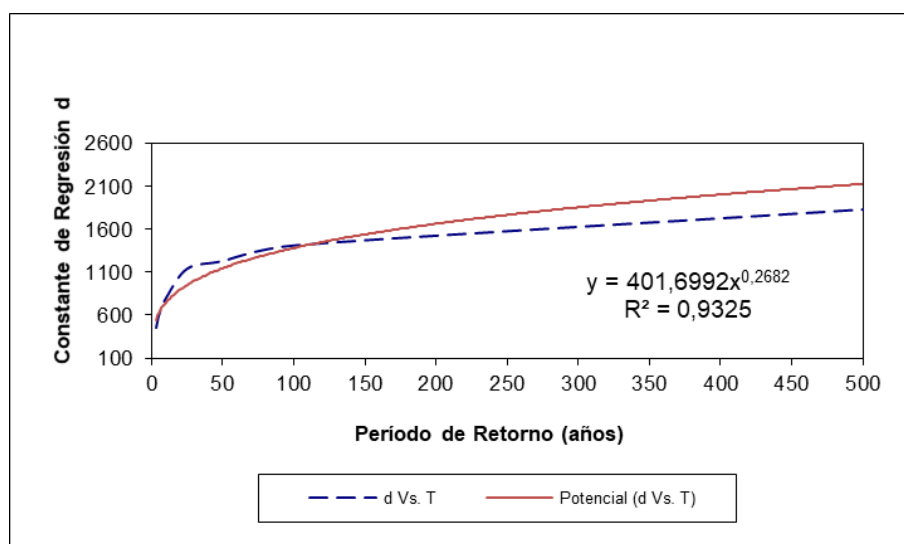
**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**



<b>Resumen de aplicación de regresión potencial</b>		
<b>Periodo de Retorno (años)</b>	<b>Término ctte. de regresión (d)</b>	<b>Coef. de regresión [n]</b>
<b>3</b>	449,06238968069	-0,61638608809
<b>5</b>	605,04830441272	-0,61638608809
<b>10</b>	801,05009114585	-0,61638608809
<b>25</b>	1144,44598720129	-0,63362500463
<b>50</b>	1232,41887827037	-0,61638608809
<b>100</b>	1414,78232855178	-0,61638608809
<b>500</b>	1836,19642295152	-0,61638608809
<b>Promedio =</b>	1069,00062888775	-0,61884879045

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

<b>Regresión potencial</b>								
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>		
1	3	449,0624	1,0986	6,1072	6,7094	1,2069		
2	5	605,0483	1,6094	6,4053	10,3089	2,5903		
3	10	801,0501	2,3026	6,6859	15,3949	5,3019		
4	25	1144,4460	3,2189	7,0427	22,6695	10,3612		
5	50	1232,4189	3,9120	7,1167	27,8408	15,3039		
6	100	1414,7823	4,6052	7,2547	33,4093	21,2076		
7	500	1836,1964	6,2146	7,5155	46,7056	38,6214		
7	693	7483,0044	22,9613	48,1280	163,0384	94,5932		
<b>Ln (K) =</b>		<b>5,9957</b>	<b>K =</b>		<b>401,6992</b>	<b>m =</b>		<b>0,2682</b>



**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

$$I = \frac{401,6992 * T^{0,268193}}{0,61885 t}$$

Donde:

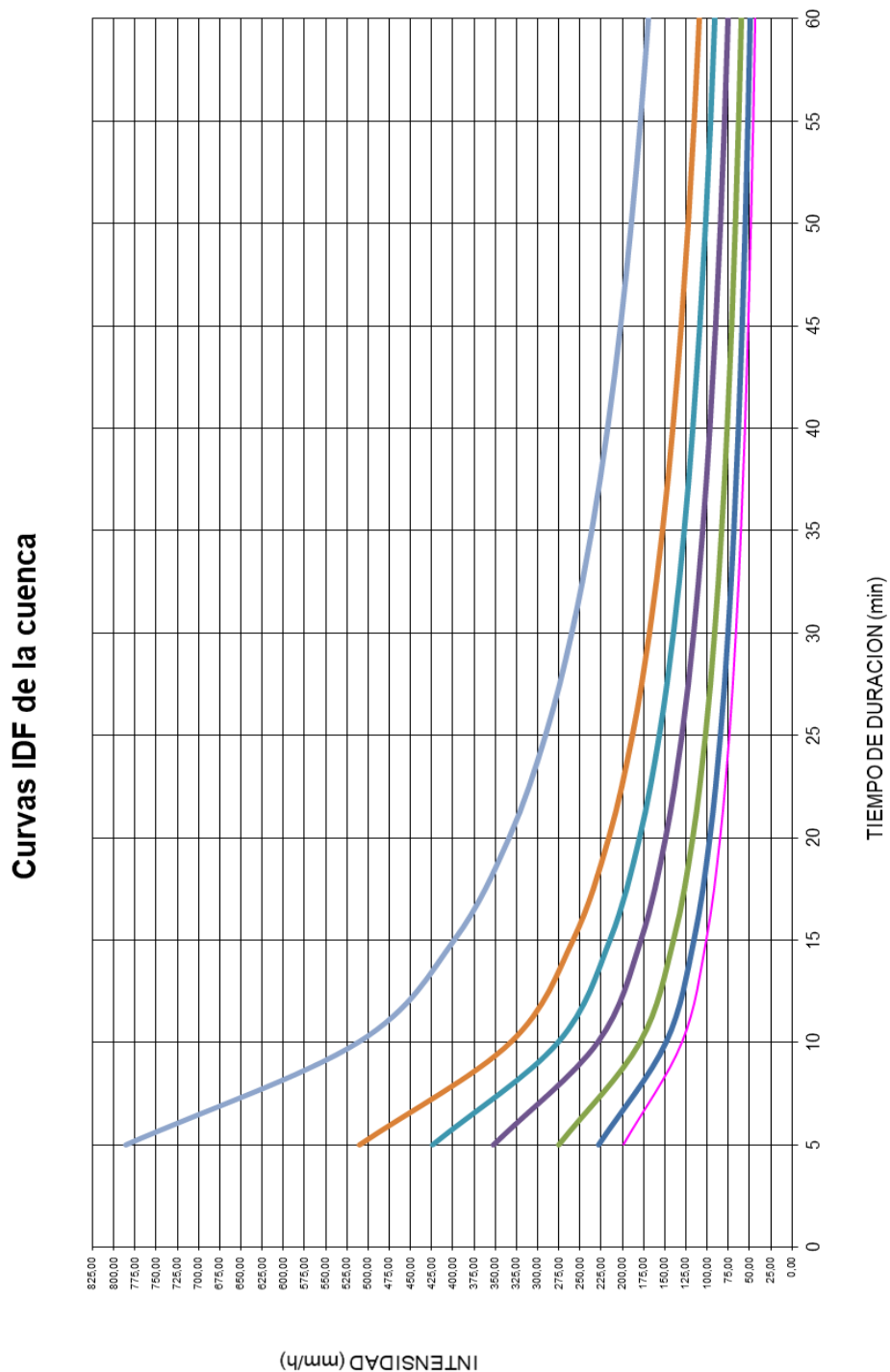
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
3	199,21	129,72	100,93	84,47	73,58	65,73	59,75	55,01	51,14	47,91	45,17	42,80
5	228,46	148,77	115,75	96,88	84,38	75,38	68,52	63,09	58,65	54,95	51,80	49,09
10	275,13	179,16	139,40	116,67	101,62	90,78	82,52	75,97	70,63	66,17	62,38	59,11
25	351,77	229,07	178,24	149,17	129,93	116,07	105,51	97,14	90,31	84,61	79,76	75,58
50	423,64	275,87	214,65	179,64	156,47	139,78	127,06	116,98	108,76	101,89	96,06	91,02
100	510,19	332,23	258,50	216,34	188,44	168,33	153,02	140,88	130,98	122,71	115,68	109,62
500	785,58	511,56	398,04	333,12	290,16	259,20	235,61	216,93	201,68	188,95	178,12	168,79

**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**



**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Anexo 5.**

**Diseño Sistema Pluvial**

<b>Datos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Población</b>	6308	Habitantes
<b>Nivel de complejidad</b>	Medio	Nivel
<b>Dotación</b>	130	L/Hab/día
<b>Area Cabecera</b>	23,050	Ha
<b>Densidad población</b>	273,666	Hab/Ha
<b>Coefficiente retorno</b>	0,8	Adimensional
<b>Tasa infiltración</b>	Media	Nivel





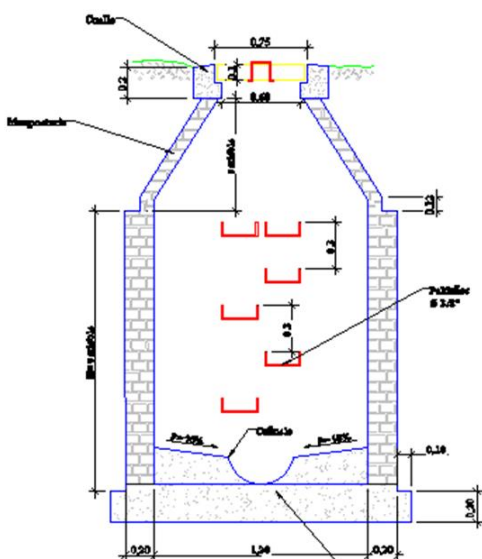


**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

**Anexo 9.**

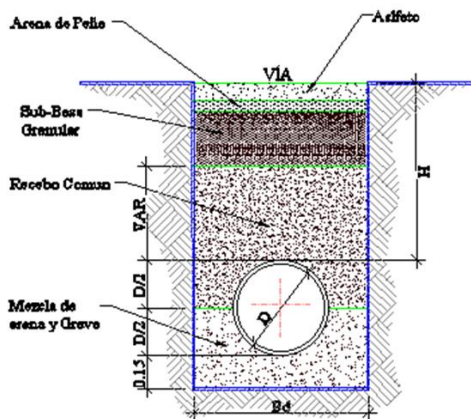
**Detalle constructivo sistema sanitario**

**DETALLE POZO INSPECCION**  
ESC: 1:15

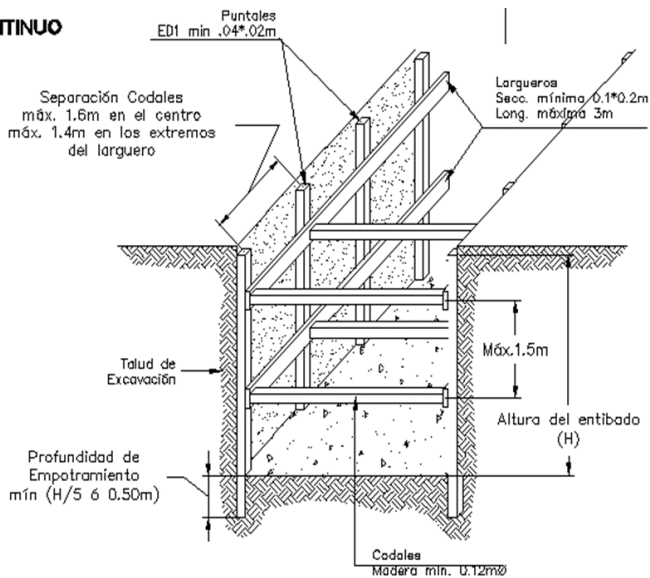


**CIMENTACION TIPO 1**  
**DETALLE CIMENTACION PARA**  
**RASANTE DE VIA**

ESC: 1:10



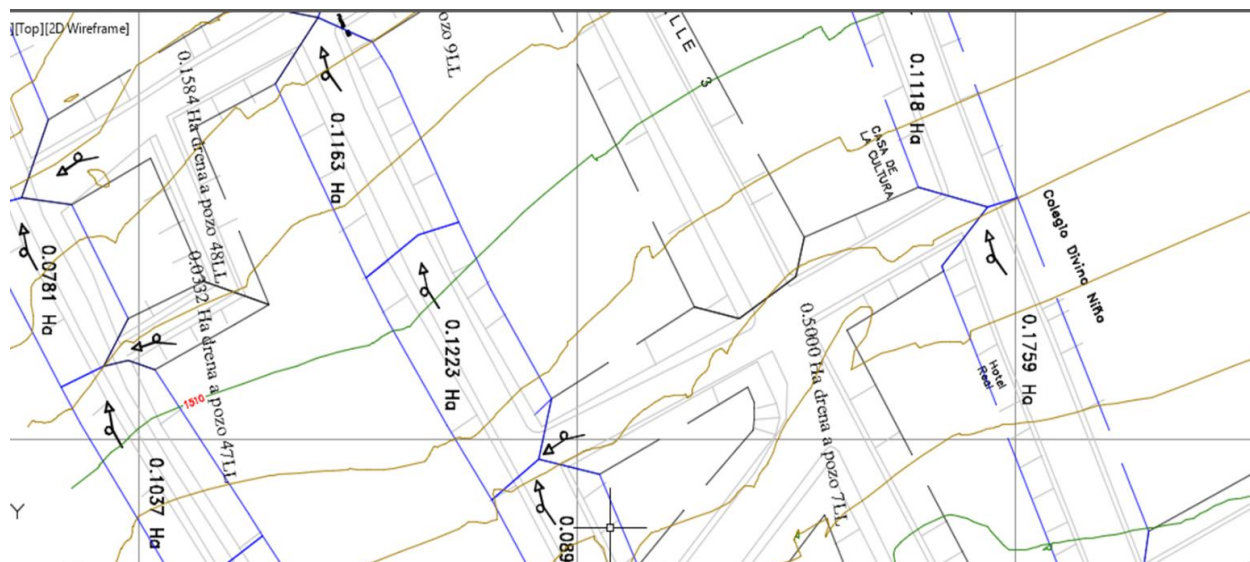
**ENTIBADO DISCONTINUO**  
SIN ESCALA



**PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL  
CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.**

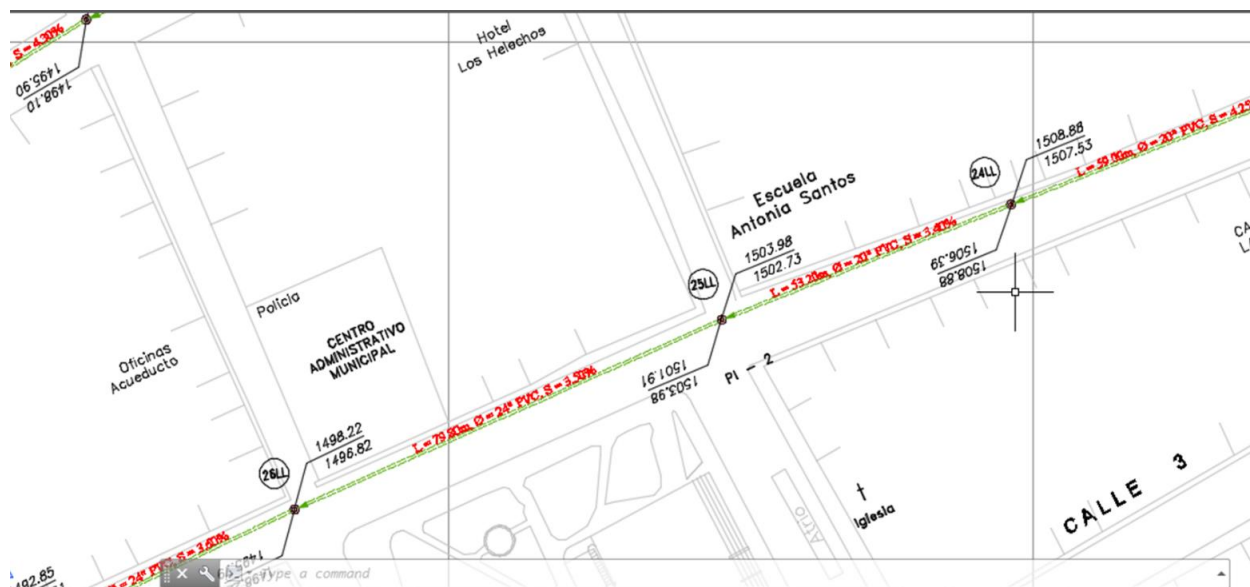
**Anexo 10.**

**Plano Áreas sistema pluvial**



**Anexo 11.**

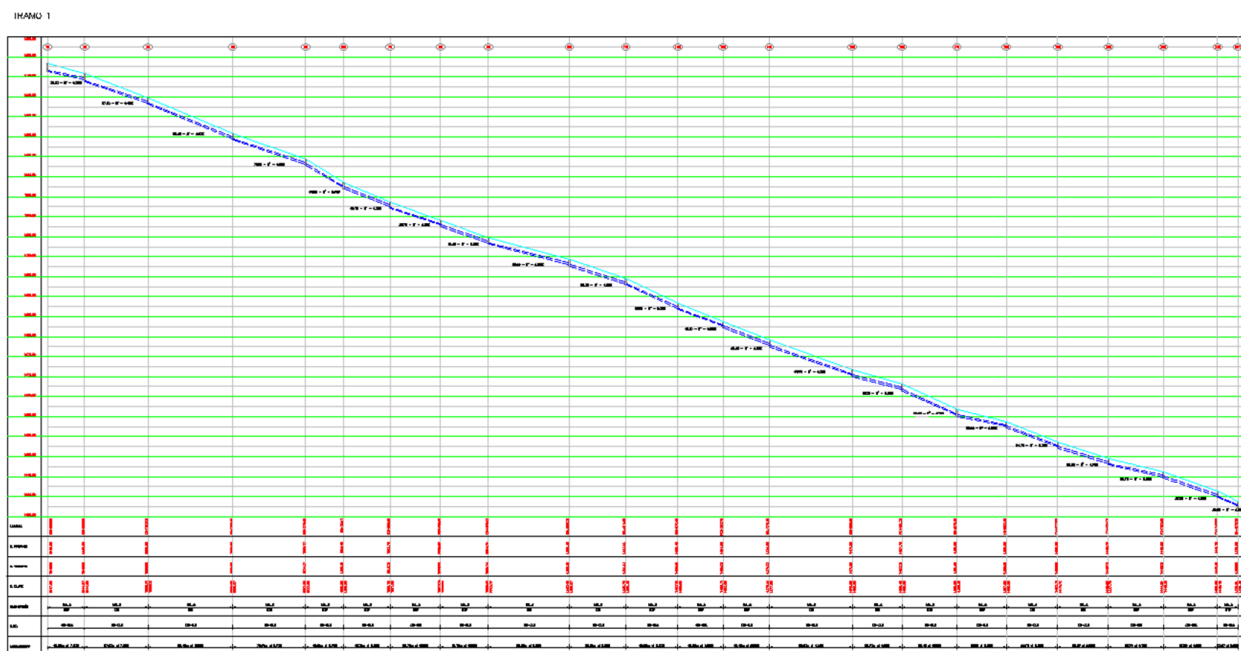
**Plano Colector sistema pluvial**



# PRE-DISEÑO PLAN MAESTRO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO CUNDINAMARCA.

## Anexo 12.

### Perfil longitudinal sistema pluvial



## Anexo 13.

### Detalle constructivo sistema pluvial

