

**NORMA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS  
RESIDUALES Y LLUVIAS**

**NOP-SE-RA-019**

**MODELACIÓN DE SISTEMAS DE TRANSPORTE DE AGUA A  
FLUJO LIBRE**



<b>Código</b>	<b>NOP-SE-RA-019</b>
<b>Estado</b>	<b>VIGENTE</b>
<b>Versión</b>	<b>1.0 – 31/08/12</b>
<b>Fuente</b>	<b>GUENAA – EMCALI EICE ESP – OPERACIÓN</b>
<b>Tipo de Documento</b>	<b>NORMA TECNICA DE SERVICIO</b>
<b>Tema</b>	<b>RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y LLUVIAS</b>
<b>Comité</b>	<b>TÉCNICO DE APROBACIÓN DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO</b>

<b>Título</b>	<b>MODELACIÓN DE SISTEMAS DE TRANSPORTE DE AGUA A FLUJO LIBRE</b>
---------------	---

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
1. PROLOGO	4
2. OBJETO	5
3. ALCANCE	5
4. DEFINICIONES	5
5. REFERENCIAS NORMATIVAS	10
6. REQUISITOS	11
6.1 GENERALIDADES	11
6.2 CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA	11
6.3 INSTALACION Y CONFIGURACION	11
6.3.1 Requerimientos mínimos del sistema	11
6.3.2 Configuración recomendada	11
6.3.3 Instalación del programa	11
6.3.4 Documentación en línea	11
6.3.5 Soporte Técnico	12
6.4 GENERACION DE ESCENARIOS EN EL PROGRAMA	12
6.4.1 Métodos de Análisis y entidades especiales	12
6.4.2 Generación de Flujos de aguas residuales	13
6.4.3 Generación de escorrentía o caudales de lluvia	14
6.4.4 Relación entre el usuario y la base de datos	14
6.4.5 Relación entre SIG/CAD	15
6.5 TUTORIAL PARA RAPIDO INICIO	16
6.6 CALIBRACION DEL MODELO	16
6.6.1 Estrategias para la calibración del modelo	16
6.7 INFORMACIÓN PARA INGRESAR AL MODELO	17
6.8 INFORMES DE MODELACION	18
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

## **1. PROLOGO**

La Unidad Estratégica de los Negocios de Acueducto y Alcantarillado - UENAA ha establecido el Área Funcional Sistema de Normas y Especificaciones Técnicas para gestionar el desarrollo y la actualización de las normas y especificaciones técnicas a ser utilizadas por el personal de EMCALI EICE ESP, contratistas, consultores, usuarios y otras partes interesadas. La misión principal del área, consiste en la normalización de los procesos, productos y servicios, para estar acorde con el estado del arte tecnológico y las exigencias gubernamentales, en beneficio de los diferentes sectores que participan en el desarrollo de la infraestructura del entorno y de la comunidad en general.

La versión final de esta Norma Técnica fue revisada y aprobada a través de los Comités Técnico y de Aprobación y ordenada su Publicación y Cumplimiento mediante la resolución de Gerencia General de EMCALI EICE ESP No. GG-001255 del 12 de Julio de 2011.

## **2. OBJETO**

Definir los requisitos mínimos que deben cumplir los modelos de simulación de transporte a flujo libre de en los sistemas de aguas residuales, pluviales y combinadas.

## **3. ALCANCE**

Fijar los criterios y parámetros básicos que permitan la selección de modelos adecuados a las características de la información técnica existente y a las condiciones de los alcantarillados bajo la administración, manejo y operación de EMCALI EICE ESP.

## **4. DEFINICIONES**

### **4.1. ABREVIATURAS**

- CAD: computer-aided design
- CSV: Comma separated values
- IFD: intensidad, frecuencia y duración
- ODBC: Open DataBase Connectivity
- SCS: Soil Conservation Service
- SQL: Estándar Query Lenguaje
- VGA: video Graphics Array/adapter

### **4.2. AGUAS DE INFILTRACIÓN.**

Agua proveniente del subsuelo, indeseable para el sistema separado y que penetra en el alcantarillado.

### **4.3. AGUAS LLUVIAS**

Aguas provenientes de la precipitación pluvial, mientras que no hayan sido sometidas a uso alguno.

### **4.4. AGUAS RESIDUALES**

Desecho líquido proveniente de residencias, edificios, instituciones, fábricas o industrias.

### **4.5. AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**

Desecho líquido proveniente de la actividad doméstica en residencias, edificaciones e instituciones comerciales.

### **4.6. AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL**

Desecho líquido proveniente de las actividades industriales.

#### **4.7. AGUA SERVIDA**

Desecho líquido proveniente de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descarguen materias fecales.

#### **4.8. ALCANTARILLADO**

Conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales, aguas servidas, de las aguas lluvias o combinación de ellas.

#### **4.9. ALCANTARILLADO COMBINADO**

Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte, tanto de las aguas residuales como de las aguas lluvias.

#### **4.10. ALCANTARILLADO PLUVIAL**

Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de aguas lluvias.

#### **4.11. ALCANTARILLADO SANITARIO**

Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas y/o industriales.

#### **4.12. ALCANTARILLADO SEPARADO**

Sistema constituido por un alcantarillado de aguas residuales y otro de aguas lluvias que recolectan en forma independiente en un mismo sector.

#### **4.13. ALIVIADERO (ESTRUCTURA DE SEPARACION)**

Estructura diseñada en colectores combinados con el propósito de separar los caudales que exceden la capacidad del sistema y conducirlos a un sistema de drenaje de agua lluvia. Los aliviaderos también son llamados Estructuras de separación de canales.

#### **4.14. ÁREA TRIBUTARIA**

Superficie que drena hacia un tramo o punto determinado.

#### **4.15. CABEZALES DE ENTREGA (ESTRUCTURAS DE ENTREGA)**

Estructura que a través del cambio en dimensiones y forma de la sección de entrega, reduce la velocidad del agua y previene la socavación; se recomienda usarla aguas arriba como complemento y tramo de transición de cualquier tipo de estructura de entrega (gradas, tanques o losas).

#### **4.16. CALIBRACIÓN**

Es el procedimiento de realizar ajustes a los parámetros del modelo (coeficientes de rugosidad, coeficiente de escorrentía, aportes, fugas, controles, etc.) para que se obtengan resultados que representen mediciones reales con cierto grado de exactitud.

#### **4.17. CAMARAS DE CAIDA**

Estructura utilizada para dar continuidad al flujo cuando una tubería llega a una altura considerable respecto de la tubería de salida.

#### **4.18. CANAL**

Cauce artificial, no cerrado, con revestimiento o sin él, que se construye para conducir las aguas lluvias a flujo libre hasta su entrega final en un cauce natural.

#### **4.19. CAUDAL DE RETORNO**

Volumen de agua residual aportado por el usuario en un período determinado.

#### **4.20. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA**

Factor que determina la porción del agua lluvia que no es retenida por la superficie donde cae y fluye libremente hacia los receptores (quebradas, ríos, alcantarillados, etc). Depende del tipo de superficie y es usado en el cálculo del caudal de aguas lluvias.

#### **4.21. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD**

Parámetro que representa el efecto friccional del contorno del conducto sobre el flujo y en general depende del tipo de material del conducto.

#### **4.22. COLECTOR PRINCIPAL**

Conducto cerrado circular, semicircular, rectangular, entre otros, sin conexiones domiciliarias directas que recibe los caudales de los tramos secundarios, siguiendo líneas directas de evacuación de un determinado sector.

#### **4.23. COTA DE BATEA**

Nivel del punto más bajo de la sección transversal interna de una tubería o colector.

#### **4.24. COTA DE CLAVE**

Nivel del punto más alto de la sección transversal externa de una tubería o colector.

#### **4.25. COTA DE CORONA**

Nivel del punto más alto de la sección externa de la tubería.

#### **4.26. COTA DE FONDO**

Nivel del punto interno más bajo en canales, cámaras, tajeas o atarjeas.

#### **4.27. COTA DE RASANTE**

Perfil y elevación natural de la superficie del terreno. También llamada perfil del terreno natural.

#### **4.28. CUERPO RECEPTOR**

Cualquier masa de agua natural o de suelo que recibe la descarga del afluente final.

#### **4.29. DIÁMETRO**

Diámetro interno real de conductos circulares.

#### **4.30. EMISARIO FINAL**

Colectores cerrados que llevan parte o la totalidad de las aguas lluvias, sanitarias o combinadas de una localidad hasta el sitio de vertimiento o a las plantas de tratamiento de aguas residuales. En caso de aguas lluvias pueden ser colectores a cielo abierto.

#### **4.31. ESCORRENTÍA**

Volumen que llega a la corriente poco después de comenzada la lluvia.

#### **4.32. ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES**

Componente de un sistema de alcantarillado sanitario o combinado utilizado para evacuar por bombeo las aguas residuales de las zonas bajas de una población. Lo anterior puede también lograrse con estaciones elevadoras de aguas residuales. Una definición similar es aplicable a estaciones de bombeo de aguas lluvias.

#### **4.33. FRECUENCIA**

En hidrología, número de veces que en promedio se presenta un evento con una determinada magnitud, durante un período definido.

#### **4.34. HIDROGRAMA**

Grafica que presenta la variación del caudal con el tiempo en un sitio determinado, que describe usualmente la respuesta hidrológica de un área de drenaje a un evento de precipitación.

#### **4.35. HIETOGRAMA**

Es la representación de la precipitación en el tiempo para una lluvia determinada.

#### **4.36. INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN**

Cantidad de agua lluvia caída sobre una superficie durante un tiempo determinado.

#### **4.37. INTERCEPTOR**

Conducto cerrado que recibe las afluencias de los colectores principales, y generalmente se construye paralelamente a quebradas o ríos, con el fin de evitar el vertimiento de las aguas residuales a los mismos.

#### **4.38. PERIODO DE RETORNO**

Número de años que en promedio la magnitud de un evento extremo es igualada o excedida.

#### **4.39. POZO DE SUCCIÓN**

Tanque o estructura dentro del caudal las aguas residuales son extraídas por bombeo.

#### **4.40. POZO O CÁMARA DE INSPECCION**

Estructura de ladrillo o concreto, de forma usualmente cilíndrica, que remata generalmente en su parte superior en forma tronco-cónica, y con tapa removible para permitir la ventilación, el acceso y el mantenimiento de los colectores.

#### **4.41. PRECIPITACIÓN**

Cantidad de agua lluvia caída en una superficie durante un tiempo determinado.

#### **4.42. PROFUNDIDAD DEL COLECTOR**

Diferencia de nivel entre la superficie del terreno o la rasante de la calle y la cota clave del colector.

#### **4.43. RED DE ALCANTARILLADO**

Conjunto de tuberías, accesorios, estructura y equipos que conforman el sistema de evacuación y transporte de las aguas lluvias, residuales o combinadas de una comunidad y al cual descargan las acometidas de alcantarillado de los inmuebles.

#### **4.44. RED SECUNDARIA DE ALCANTARILLADO**

Conjunto de colectores que reciben contribuciones de aguas domiciliarias en cualquier punto a lo largo de su longitud.

#### **4.45. SIFÓN INVERTIDO**

Estructura compuesta por una o más tuberías que funcionan a presión. Se utilizan cuando es necesario pasar las tuberías por debajo de obstáculos inevitables.

#### **4.46. SIMULACIÓN**

Son los resultados que ofrece un modelo calibrado y que representan con cierto nivel de confiabilidad las condiciones de operación real de una red.

#### **4.47. SUMIDERO**

Estructura diseñada y construida para captar las aguas de escorrentía que corren por las cunetas de las vías y entregarlas a las cámaras de inspección de los alcantarillados combinados o de lluvias.

#### **4.48. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN**

Tiempo de recorrido de la escorrentía superficial desde el punto más alejado de la cuenca de drenaje hasta el punto de salida considerado. En alcantarillados es la suma del tiempo de entrega y de recorrido.

#### **4.49. TRAMO**

Conducto comprendido entre dos cámaras.

#### **4.50. TRAMOS INICIALES**

Aquel que no recibe descarga de tramos e inicia la recepción de aguas residuales.

#### **4.51. TUBO O TUBERÍAS**

Conducto prefabricado, o construido en sitio, de concreto, concreto reforzado, plástico, poliuretano de alta densidad, asbesto-cemento, hierro fundido, gres vitrificado, PVC, plástico con refuerzo de fibra de vidrio, u otro material cuya tecnología y proceso de fabricación cumplan con las normas técnicas correspondientes. Por lo general su sección es circular.

#### **4.52. VOLUMEN ÚTIL**

Volumen del pozo de succión, comprendido entre el nivel máximo y el nivel mínimo de operación de bombeo.

### **5. REFERENCIAS NORMATIVAS**

Para las siguientes referencias normativas aplica su versión vigente o reglamentación que las modifique, sustituya o adicione.

#### **MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO (Actual Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial)**

- Resolución 1096 de 2000: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. Bogotá: MinDesarrollo, 2000 (RAS-2000) versión vigente y sus posteriores actualizaciones.

#### **EMPRESAS MUNICIPALES CALI - EMCALI EICE ESP.**

- Conexiones domiciliarias de alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NCO-SE-RA-003)
- Criterios de diseño de estaciones de bombeo de alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NDI-SE-RA-008)
- Criterios de diseño en sistemas de alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NDI-SE-RA-007)
- Requisitos para la elaboración y entrega de planos e información técnica de obra construida en los sistemas de acueducto y alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NCO-SE-AA-003)

## **6. REQUISITOS**

### **6.1 GENERALIDADES**

Esta norma identifica y describe los requisitos mínimos que deben de contener los modelos aplicables para la simulación hidráulica en los sistemas de flujo libre en las redes de alcantarillados de EMCALI EICE ESP, modelos cuyo funcionamiento debe ajustarse a la información y características locales del funcionamiento actual de las redes, y que estén sujetos a actualizaciones tecnológicas y soporte técnico permanente.

Para correr el modelo se debe tener en cuenta las curvas de intensidad, frecuencia y duración para la ciudad de Cali y los patrones de aportes de aguas residuales zonificados de la ciudad.

### **6.2 CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA**

El programa debe ser compatible con un software que provea un sistema de información geográfico que debe ser identificado previamente por EMCALI EICE ESP.

### **6.3 INSTALACION Y CONFIGURACION**

#### **6.3.1 Requerimientos mínimos del sistema**

- Recomendaciones sobre el tipo de computador, procesador y necesidad de coprocesador.
- Capacidad de memoria 8GB RAM.
- Capacidad de espacio libre en disco duro para acomodar el programa a utilizar 1 TERABYTE ( $10^{12}$  bytes).
- Compatibilidad del ambiente Windows con el programa de simulación.
- Programa de información geográfico (Arcgis o similar)
- Navegador de internet compatible con el programa de simulación
- VGA Graphics adaptador y monitor.

#### **6.3.2 Configuración recomendada**

El consultor o proveedor debe definir la velocidad y tipo de procesador, la capacidad de memoria RAM y el espacio libre de memoria a mantener de acuerdo con la magnitud del proyecto a ejecutar.

#### **6.3.3 Instalación del programa**

El Consultor o proveedor debe suministrar con detalle los pasos para instalar el programa, partiendo de la compatibilidad con el ambiente Windows, forma de introducir o requerir la licencia en línea y procedimiento para desinstalar el programa en caso de ser requerido.

#### **6.3.4 Documentación en línea**

El proveedor debe garantizar que el programa puede suministrar información adicional de tópicos de interés relacionados con el programa mediante una ayuda on-line, lo cual pueda hacerse disponible mediante un índice de palabras, frases o comandos y con secciones identificadas de temas deseados.

El programa debe tener la facilidad de acceder a la búsqueda de los temas deseados y la opción de ser impresos.

### **6.3.5 Soporte Técnico**

Adicional a la ayuda on-line, el proveedor debe garantizar un soporte técnico en línea indicando claramente las condiciones de prestación de este servicio y la información electrónica y telefónica para su acceso. Este soporte técnico cubre el conocimiento de futuros avances, actualizaciones y sustentaciones técnicas.

## **6.4 GENERACION DE ESCENARIOS EN EL PROGRAMA**

El modelo debe permitir manejar un gran escenario y dentro de este manejar proyectos sencillos y/o sectoriales con la información del gran escenario con el propósito que con cambios específicos (cambio de diámetros, carga en una cámara, factores pico y otros parámetros) pueda crear modelos de alternativas para la adopción de decisiones mediante comparación instantánea de resultados.

El modelo debe tener la capacidad de poseer al menos las siguientes herramientas:

### **6.4.1 Métodos de Análisis y entidades especiales**

- Análisis de estado-estable
- Diseño automatizado
- Múltiples factores pico
- Análisis de tránsito (considerando solución estática con curvas diarias)
- Solución dinámica total (resolviendo las ecuaciones de Saint Venant)
- Tránsito de onda dinámica
- Tránsito de Flujo uniforme
- Cálculo de canales circulares y no circulares
- Manejo de bombas de velocidad constante y variable
- Cálculo de bombas de flujo estable (cálculo de la velocidad de la bomba automáticamente para mantener un caudal deseado)
- Bombas en paralelo con control separado
- Control de apagado y encendido de las bombas
- Incorporación de hidrogramas (mantener pico y volumen constante)
- Incorporación de hietogramas
- Laminación de hidrogramas (onda dinámica)
- Calculo de tuberías con flujo a presión

- Tuberías a gravedad
- Cálculo de calidad de agua
  - Tiempo de concentración
  - Transporte de contaminantes
  - DBO
  - Transporte y depósito de sedimentos
- Diseño de tuberías de alivio
- Diseño de simulaciones por tandas
- Estructuras de alivio o separación
- Cálculo de tuberías con pendientes negativas
- Cálculo de sifones
- Cálculo de salidas múltiples
- Cálculo de alcantarillados a presión
- Cálculo de represamientos
- Cálculo de costos para tuberías
- Informe resumen de costos del proyecto

#### **6.4.2 Generación de Flujos de aguas residuales**

- Herramientas de creación y edición de polígonos de Thiessen o áreas de influencia
- Intersección, asignación y procesamiento automático de polígonos
- Acercamiento y carga de puntos
- Análisis de sensibilidad de aguas residuales
- Acumulación de caudales
- Lectura de caudales para calibración

#### **6.4.3 Generación de escorrentía o caudales de lluvia**

- Método racional (modelación con caudal pico)
- Modelación a través de curvas de intensidad- duración- frecuencia
- Modelación de caudal a través de lluvias dinámicas
- Modelación de caudal a través de hidrogramas unitarios medidos
- Modelación con hietogramas por el método del Bloque Alterno
- Modelación con hietogramas por el método de la Intensidad Instantánea
- Modelación con hietogramas por el método estadístico estándar
- Modelación con hietogramas por el método de la Curva Altura de la precipitación y duración
- Modelación con hietogramas por el método de Tholin and Keifer
- Modelación con hidrogramas unitarios sintéticos
- Modelación con hidrograma unitario adimensional tipo Soil Conservation Service (SCS)
- Modelación con hidrograma unitario sintético tipo SCS
- Modelación con hidrograma unitario sintético tipo tri-triangular
- Calibración automática con hidrograma unitario usando algoritmos genéticos
- Análisis de eventos de lluvias múltiples
- Análisis de sensibilidad de lluvias
- Análisis de Hidrogramas unitarios múltiples

#### **6.4.4 Relación entre el usuario y la base de datos**

- Versión networkable (multiusuarios)
- Generación de reportes
- Generación de perfiles y plantas (exportación de raster/vector)
- Creación de mapas de contorno
- Generación de gráficos con variación en el tiempo
- Extracción automática de altimetría ( interpolar y examinar puntos)
- Definición del usuario de la información manejable en campo
- Manejo del Lenguaje de programación SQL (Estándar Query Lenguaje - Lenguaje de consulta estructurado).

- Manejo del Lenguaje de programación QBE (Query By Example).
- Asociar imágenes escaneadas y documentos
- Cálculos de medidas en el campo
- Cálculo de estadística de mediciones en campo

#### **6.4.5 Relación entre SIG/CAD**

- Trabajo total con ArcGIS
- Trabajo con datos del SIG local
- Garantía de soporte de la ESRI Geodatabase/ArcSDE
- Garantía de soporte ODBC (Open DataBase Connectivity)
- Garantía de soporte CSV (Comma separated values)
- Dibujo automatizado y de herramientas fijas de trabajo
  - Localización de ciclos
  - Localización y fijación de tuberías y cámaras de inspección duplicadas
  - Localización y fijación de nodos cercanos
  - Localización y fijación de tuberías de partición
  - Localización y fijación de tuberías que se crucen o se intercepten
  - Fijación de topología de circuitos
  - Delineación de circuitos
  - Localización de cámaras de inspección con cotas de batea excesivas
  - Conversión automática de polilíneas
  - Soporte de archivos CAD (DXF, DWG, DGN)
  - Cargue de cualquier fotografía aérea
  - Recuperación de cualquier tipo de imágenes
  - Enlaces múltiples.

## 6.5 TUTORIAL PARA RAPIDO INICIO

El programa debe proveer una instrucción rápida diseñada para el usuario para uso del programa por primera vez, suministrando una guía de los comandos esenciales y funciones usadas para crear, correr y analizar el modelo.

La instrucción rápida debe ayudar al usuario a familiarizarse en los siguientes temas:

- Arranque del modelo, guía del usuario
- Adición de la información necesaria para modelación realizando el mapa de la red introduciendo los nodos y tuberías y los datos relacionados a ellos.
- Ajuste de la modelación a través del icono de opciones.
- Corrida de la simulación en estado estacionario
- Corrida de la simulación del diseño
- Corrida de la simulación en un período extendido en el tiempo
- Corrida de la simulación de lluvias
- Desarrollo de la modelación de escenarios presentes y futuros
- Revisión de los resultados del modelo y análisis
- Salvar los resultados del modelo para un uso posterior

## 6.6 CALIBRACION DEL MODELO

La calibración del modelo debe permitir reconstituir información pérdida o registrar alarma sobre situaciones de comportamiento anómalo o información errónea, permitiendo así la detección de errores de información de partida así como apoyo para la detección de fallos por parte de los dispositivos de telemetría.

### 6.6.1 Estrategias para la calibración del modelo

Dada la complejidad de los modelos y de los conjuntos de información que se manejan, se hace necesaria una estrategia para el abordaje del problema de la calibración. Aquí se presentan dos estrategias bien diferenciadas que han demostrado solidez en su comportamiento, las que se denominan calibración por escenarios y calibración mediante optimización de función objetivo.

#### 6.6.1.1 Calibración por escenarios

Consiste en suponer situaciones de funcionamiento, variando los parámetros que intervienen en la calibración, definiendo hipótesis de funcionamiento parciales y combinándolas en escenarios posibles o probables de manera que se genera una gran cantidad de “modelos de entrada”. Estas situaciones al ser simulados y comparados con los valores de la red, proporcionan caudales adecuados en los puntos de comparación.

Es en esencia una metodología de ensayo-error que puede ser controlada matemáticamente para que la convergencia de los resultados de la modelación con la realidad sea lo más rápida posible. En este sentido podemos suponer hipótesis sobre:

- Posibles escenarios de consumo (variación de aportes de caudales asignados a nudos)
- Diferentes valores de la rugosidad de las tuberías y canales
- Cambios de diámetros efectivos
- Alteración de las capacidades de bombeo
- Determinación de los parámetros que representan las pérdidas menores y acciones localizadas en las cámaras de alcantarillado.

#### 6.6.1.2 Calibración mediante función objetivo

En este caso se buscan los parámetros deseados mediante un problema de optimización, definiendo una función que represente la desviación de los resultados del modelo con la realidad, se trata de conocer los parámetros que en ella definidos, la minimizan. Definiendo una función objetiva con base en estos parámetros de la calibración y minimizarla, proponiendo así la solución más favorable.

### **6.7 INFORMACIÓN PARA INGRESAR AL MODELO**

El usuario debe ingresar como mínimo la siguiente información externa al Modelo:

- Áreas tributarias por tramo
- Áreas de influencia e identificación de vías.
- Caudal de infiltración
- Cámaras de caída
- Cámaras de inspección tipo B, tipo 1, tipo 2, tipo 3
- Coeficientes de producción de aguas residuales domésticas
- Coeficiente de escorrentía
- Coeficiente de infiltración
- Cotas de rasante inicial y final por tramo
- Cotas de batea inicial y final por tramo
- Cota de terreno
- Curvas de las bombas
- Curvas de lluvias de acuerdo a zonificación establecida
- Diámetro ó sección por tramo

- Forma y elevación de los pozos de succión
- Hietograma de lluvias para cada una de las zonas definidas en la ciudad
- Identificar las Conexiones Domiciliarias, cajas domiciliarias de alcantarillado y de Sumideros.
- Localización e identificación del tipo de cámaras indicando las cotas de terreno, rasante, batea de salida (inicial), batea de entrada (final), longitud, pendiente, clase de tubería y cimentación utilizados en la construcción.
- Longitud por tramo
- Material de tubería
- Nomenclatura Vial de acuerdo al esquema básico expedido y aprobado por el Departamento Administrativo de Planeación Municipal e Infraestructura Vial.
- Patrón de aportes de aguas residuales por zonas definidas
- Pendiente por tramo
- Periodo de retorno
- Secciones transversales
- Sumideros (sencillo, doble, lateral, mixto sencillo, mixto doble), rejillas y entregas
- Tiempo de concentración inicial
- Ubicación aliviaderos y descargas
- Ubicación de estructuras de separación

## **6.8 INFORMES DE MODELACION**

Se debe entregar un informe con el análisis de los diferentes escenarios o alternativas del programa, donde se tenga en cuenta toda la información pertinente que facilite la toma de decisiones. La información debe tener la siguiente estructura:

- Introducción y justificación
- Ubicación general del objeto de la investigación y áreas tributarias
- Desarrollo de la modelación
- Información de curvas de lluvias, hietogramas y patrones de aporte de agua residual ingresados al modelo
- Resultados:
  - ✓ Relación hidráulica  $d/D$  es igual a tirante sobre Diámetro del conducto
  - ✓ Relación hidráulica  $v/V$  es igual a velocidad en el tramo sobre velocidad a tubo lleno
  - ✓ Relación hidráulica  $q/Q$  es igual a caudal en el tramo sobre Caudal a tubo lleno
- Conclusiones y recomendaciones

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHOW V.; D.R. MAIDMENT Y L.W. MAYS (1994) Hidrología Aplicada, MacGraw Hill, 580 pp.
- Modelación Hidráulica de Redes de Alcantarillado Existente. Consorcio Hiperaguas. Cali Colombia (2006) INFTEC-ALC-01.
- MWH Soft, Inc; Infosewer/Pro for ARC/Gis; Users Guide. (2004) Pasadena, California.
- Normas de Acueducto y Alcantarillado de Aguas de Cartagena S.A. ESP, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cartagena, 2005.
- Normas de Acueducto y Alcantarillado de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2006.
- Normas de Diseño de Acueducto y Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín (EPM), 2006.
- Normas de Diseño y Construcción de Acueducto y Alcantarillado de Empresas Municipales de Cali, 1999.
- Sistema de Normas Técnicas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (SISTEC), 2006.
- Wastewater Collection System Modeling and Design: Haestad Methods, Haestad Press (2004).
- El modelo de la red de distribución como herramienta de gestión y toma de decisiones: La importancia de la calibración del mismo. P. Amparo López Jiménez, Gonzalo López Patiño, F. Javier Martínez Solano, Rafael Pérez García. Grupo Multidisciplinario de Modelación de Fluidos. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. 2005.