



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad Tecnología de la Construcción

Monografía

**Diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial para el barrio “Anexo Villa
Libertad” de la Ciudad de Managua.**

Para Optar al Título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Devorah Michelle Gómez López
Br. Leo Alejandro Espinoza Lacayo
Br. Isidro Antonio Argeñal Moncada

Tutor:

Ing. Byron Silva Rocha

Managua, Septiembre 2016

INDICE

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1	INTRODUCCIÓN	7
1.2	ANTECEDENTES.....	9
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	11
1.4	OBJETIVOS	13
1.4.1	Objetivo General	13
1.4.2	Objetivos Específicos.....	13
1.5	LOCALIZACIÓN	14
2.2	Población y Vivienda	15
2.3	Características físicas y naturales de la ciudad de Managua	15
2.3.1	Clima.....	15
2.3.2	Precipitación	15
2.3.3	Temperatura	16
2.3.4	Humedad y evaporación.....	16
2.3.5	Presión atmosférica y vientos.....	16
2.4	Servicios básicos e infraestructura	17
2.4.1	Agua potable.....	17
2.4.2	Alcantarillado sanitario.....	17
2.4.3	Servicios de energía eléctrica.....	17
2.4.4	Servicios de telefonía, cable e internet	17
2.4.5	Plan de control y manejo de la basura	17
2.4.6	Alcantarillado pluvial.....	18
2.4.7	Calles y Avenidas	18
2.4.8	Principales Instituciones	18
3.1.	Generalidades	19
3.1.1	Caracterización Fisiográfica de la cuenca.....	21
3.1.2	Caracterización y determinación de los parámetros para el cálculo del caudal por el método racional.....	24
3.1.3	Determinación de las características hidrometeorológicas de cada sub - cuenca	26

3.1.4 Determinación de los parámetros para la aplicación del método tránsito de avenida	29
3.1.4.1 Cálculo de los parámetros para el método de tránsito – avenida	33
3.1.4.2 Secuencia lógica en la aplicación del Método	35
3.2. Estudio hidráulico.....	37
3.2.1 Infiltración.....	37
3.2.1.1 Capacidad de Infiltración.....	37
3.2.1.2 Factores que intervienen en la capacidad de infiltración	37
3.2.2 Pozos y Zanjas de Infiltración	38
3.2.3 Prueba de Infiltración	39
3.2.4 Erosión.....	39
3.2.4.1 Características de la erosión	39
3.2.4.2 Causas de la erosión	40
3.2.4.3 Efectos de la erosión	41
3.2.4.4 Transporte de sedimentos	42
3.2.4.4.1 Cálculo del arrastre de fondo	44
3.2.4.4.2. Método de Meyer – Peter y Müller	44
3.2.4.4.3. Método de Engelund	46
3.3 Sistemas de drenaje pluvial	47
3.3.1 Descripción e importancia del alcantarillado pluvial.....	47
3.3.2 Tipos de Sistemas de Alcantarillado Pluvial.....	47
3.3.2.1 Alcantarillado Pluvial Particular	48
3.3.2.2 Alcantarillado Pluvial General Particular.....	48
3.3.2.3 Alcantarillado Pluvial Municipal.....	48
3.3.3 Conveniencia de los sistemas de alcantarillado separados	49
3.3.4 Reúso del agua proveniente del alcantarillado pluvial.....	50
3.3.5 Componentes del alcantarillado pluvial.....	51
3.3.5.1 Estructuras de captación.....	51
3.3.5.2 Estructuras de conducción.....	51
3.3.5.3 Tragantes y rejillas	51
3.3.5.4 Estructuras de conexión y mantenimiento	52
3.3.5.5 Estructuras de vertido	52
3.3.5.6 Instalaciones complementarias	53

3.3.5.7 Disposición final	53
3.4 Conceptos del estudio hidrológico	53
3.4.1 Cuenca Hidrológica	53
3.4.2 Conceptos de Cuenca.....	53
3.4.2.1 Área de la cuenca.....	53
3.4.2.2 Longitud total de la cuenca	54
3.4.2.3 Altura mínima de la cuenca	54
3.4.2.4 Altura máxima de la cuenca	55
3.4.2.5 Tiempo de concentración	55
3.4.3 Selección de la estación meteorológica	55
3.4.4 Período de retorno.....	55
3.4.5 Intensidad de precipitación.....	56
3.4.6 Coeficiente de escorrentía	56
3.5 Conceptos del estudio hidráulico.....	57
3.5.1 Variables hidráulicas de interés.....	58
3.5.2 Consideraciones hidráulicas	58
3.6 Análisis y comportamiento de los suelos en el sitio	59
3.6.1 Naturaleza de los suelos	59
3.6.2 Clasificación de los suelos	59
3.6.2.1 Clasificación de los suelos según AASHTO	60
3.6.2.1 Suelos granulares.....	60
3.6.2.1 Suelos finos	61
3.6.2.2 Clasificación unificada de suelos (SUCS)	61
3.6.2.2 Suelos gruesos	62
3.6.2.2 Suelos finos	62
3.7 Diagnóstico de impacto ambiental	62
3.7.1 Elementos en el proceso de evaluación de impacto ambiental	63
3.7.2 Principales etapas del proceso de evaluación de impacto ambiental.....	64
3.7.2.1 Selección de acciones	64
3.7.2.2 Determinación del alcance.....	65
3.7.2.3 Elaboración de los estudios de impacto ambiental.....	65
3.7.2.4 Consulta pública	66
3.7.2.5 Decisión	66

3.7.2.6 Seguimiento monitoreo.....	66
3.7.2.7 Documentos	67
3.7.3 Diseño de una evaluación de impacto ambiental	67
3.7.3.1 Diseño y construcción del proyecto.....	68
3.7.3.2 Operaciones del proyecto	68
3.7.3.3 Características del lugar.....	68
3.7.3.4 Marco institucional y político.....	69
3.7.3.5 Posibles impactos.....	69
3.7.3.6 Análisis socio - económico.....	69
3.7.3.7 Alternativas	70
3.7.3.8 Disponibilidad de la información	70
3.7.3.9 Disponibilidad de recursos	70
3.7.4 Instrucciones para el uso de la matriz de Leopold.....	70
4. DISEÑO METODOLÓGICO	71
4.1 Recopilación de Información.....	71
4.1.1 Caracterización del área de estudio	72
4.1.3 Levantamiento topográfico.....	72
4.2 Estudio de gabinete.....	72
4.2.1 Tormenta de diseño	72
4.2.2 Tiempo de concentración	72
4.2.3 Separación de la lluvia neta o efectiva.....	73
4.2.4 Transformar precipitación neta a escorrentía	73
4.2.5 Transito de caudales	74
4.2.6 Material de la tubería y longitud total de tubería	74
4.2.7 Tensión Tractiva y Pendiente Mínima	74
4.3 Hidrografía	75
4. Obras y estado de la infraestructura existente	76
4.4.1 Calles	76
4.4.2 Pozo de Visita Pluvial (PVP).....	76
4.4.3 Cunetas	77
4.4.4 Canaletas a cielo abierto	77
4.4.5 Tragantes	77
4.4.6 Área de la cuenca de estudio	78

4.4.7	Intensidad de lluvia.....	78
4.5	Diseño Hidráulico.....	80
4.5.1	Diseño de secciones	80
4.5.2	Longitud y Pendiente de la tubería	81
4.5.3	Diseño de secciones circulares	81
4.5.4	Diámetro en secciones circulares (D)	81
4.5.5	Ángulo de diseño (θ).....	82
4.5.6	Tirante (y).....	82
4.5.7	Perímetro mojado (P).....	82
4.5.8	Radio hidráulico (R).....	83
4.5.9	Velocidad del flujo en tuberías.	83
4.5.10	Pendiente de la cuenca (S)	83
4.5.11	Pendiente (S)	84
4.5.12	Energía específica (E)	84
4.5.13	Número de Froude (F)	84
4.5.14	Rugosidad (n).....	85
4.5.15	Relación de llenado (y/D)	85
4.5.16	Perímetro mojado (P).....	85
4.5.17	Espejo de agua (T).....	85
4.5.18	Nivel del agua (h)	85
4.5.19	Ancho de superficie libre (B).....	85
4.6	Diseño de tragantes	85
4.7	Diagnóstico de impacto ambiental	86
4.8	Estudio de suelos.....	86
4.9	Material de la tubería y sus características	87
4.10	Software	87
4.10.3.1	Generalidades.....	89
5.1	Resultados	90
5.2	Resumen	90
5.3	Gráficas de cuencas y subcuencas con HMS	92
5.3.1	Resultados del HEC-HMS de caudales picos.....	96
5.3.2	Grafica de subcuenca N° 1 de la cuenca N° 1	98
5.3.2.1	Resultados de subcuenca N° 01 de Cuenca N° 01	99

5.3.3 Gráfica de precipitación neta hecho en Excel (Comparando con la de HEC-HMS).....	100
5.3.4 Datos para Cálculo de Pozos de Visita Pluvial	101
5.3.5 CALCULO DE AREAS	102
5.3.6 Resultados para drenaje pluvial en la Hoja de cálculo de Excel.....	104
5.4 Presupuesto	110
6.1 CONCLUSIONES	112
6.2 RECOMENDACIONES	113
7. BIBLIOGRAFIA	114

ANEXOS

Anexo 1: Datos Básicos Precipitación INETER

Anexo 2: Formula y Criterios de Calculo Excel

Anexo 3:Clasificacion De Suelos

Anexo 4: Curva IDF

Anexo 5: Evaluacion de Impacto Ambiental

Anexo 6: Analisis Granulometrico

Anexo 7: Planos

1.1 INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento vital para la vida y las actividades de la sociedad. El ser humano la utiliza para satisfacer sus necesidades básicas y en gran parte de sus acciones. Además, interviene en la mayor parte de los procesos relacionados con la transformación de la superficie de la tierra y del clima. La búsqueda de su bienestar lo ha llevado al asentamiento en ciudades y poblados, hecho que lo ha obligado a desarrollar tecnologías que le permitan controlar el agua y disminuir los efectos de los fenómenos climáticos. Entre esas tecnologías desarrolladas se encuentran los sistemas de drenaje pluvial que son primordiales para la preservación de la salud de los habitantes; así como en la estética, y para el buen funcionamiento de las calles.

En la mayoría de las ciudades se tiene la necesidad de evacuar las aguas pluviales para evitar inundaciones. Dentro de los problemas que afectan cotidianamente estos eventos, se destaca el referido a las viviendas y asentamientos urbanos, el cual no ha sido posible atenderlo en su totalidad debido a que la mayoría de los programas habitacionales en nuestro país no han tenido una visión de largo plazo y a que la ubicación de algunos asentamiento al pasar de los años se han convertido en barrios sin la atención debida.

Estos factores han incidido negativamente en las alternativas de solución de dicha problemática. Como consecuencia, el crecimiento del déficit habitacional, la insalubridad, contaminación del sub-suelo, deterioro de las calles, aumento de enfermedades virales y epidemias por el estancamiento de las aguas de lluvia, entre otros, han sido y continúan siendo factores comunes y críticos en la mayoría de ciudades de la República de Nicaragua, y en particular la ciudad de Managua.

La forma tradicional de urbanizar las ciudades de países en desarrollo ha tenido tres efectos hidrológicos importantes. Por una parte al impermeabilizar los suelos aumenta el volumen de escorrentía generado principalmente por las tormentas más frecuentes. Además al incorporar pequeños cauces como calles, cunetas y superficies más lisas, las que sumadas a soluciones basadas exclusivamente en una red de colectores artificiales, facilita el escurrimiento y contribuyen a flujos más rápidos, con menores tiempos de concentración y caudales máximos de mayor magnitud.

Finalmente se producen más contaminantes y aparecen nuevos elementos generados por la actividad urbana que son lavados y arrastrados por las aguas lluvias hacia los cauces naturales.

Por lo tanto, con la creciente necesidad de mejorar las condiciones de muchos barrios entre ellos "Anexo Villa Libertad", se tomó la decisión de realizar el estudio denominado "**DISEÑO DE LA RED PLUVIAL EN EL BARRIO ANEXO VILLA LIBERTAD**"; con el propósito de mejorar las condiciones higiénico-sanitarias, evitar la erosión y el deterioro de las calles, la contaminación del subsuelo y aguas subterráneas, así como mejorar la infraestructura del barrio y elevar el nivel de vida.

Para mejorar las condiciones de drenaje del área de proyecto se plantea diseñar una red de drenaje pluvial con tubería y parrillas-tragantes que captarán la escorrentía superficial del barrio Anexo Villa Libertad, donde regularmente existen inundaciones en periodos de lluvias, debido a la falta de obras hidráulicas con capacidad de conducir la escorrentía que proviene de los barrios ubicados aguas arriba del área de estudio.

El estudio incluye; levantamientos topográficos (planimétrico, altimétrico y secciones transversales) y diseño hidrotécnico (hidrológico e hidráulico), con el fin de diseñar estructuras de drenaje que encaucen y dirijan las aguas y así evitar en lo posible las inundaciones de viviendas y calles del sector. Además se está considerando un conjunto complejo de elementos que capten, retengan, almacenen, infiltren, conduzca y disponga las aguas lluvias sobre una cuenca urbanizada. Con este concepto se puede señalar que cada elemento del sistema de drenaje tiene un objetivo específico para hacerse cargo de las aguas lluvias en el área urbana, por lo tanto en el diseño y dimensionamiento de estos elementos debe entenderse el papel que juega cada uno en el sistema.

1.2 ANTECEDENTES

Históricamente las lluvias han desempeñado un papel muy importante para la vida del ser humano. Las antiguas civilizaciones drenaban y almacenaban las aguas pluviales durante las estaciones lluviosas para su consumo durante las épocas secas. Por ejemplo, en lugares como Perú donde las aguas por lluvias son abundantes, eran trasladadas por sistema de drenajes que eran utilizados para la agricultura, comercio y uso doméstico. No obstante, trabajar con estos sistemas de conducción era latente el peligro de sufrir pérdidas económicas y humanas por querer controlar las aguas para el mejoramiento del desarrollo de la humanidad.

En la segunda mitad del siglo XX muchas ciudades de gran desarrollo reconocieron la necesidad de controlar el volumen, los caudales máximos y la contaminación en la fuente, minimizando el cambio hidrológico y las externalidades negativas del proceso de urbanización sobre la hidrología. Para ello se desarrollaron nuevos enfoque conocidos en EE.UU. como BMP (Best Management Practices)¹, en Francia como Techniques Alternatives (Chocat, 1997) o Técnicas de Gestión de Esguimientos Urbanos, TGEU, en España. En Chile se conocen como Técnicas Alternativas, (MINVU – DICTUC, 1996) y consisten en la captura de un volumen para el tratamiento en el mismo lugar en que se generan las aguas lluvias, para lo cual se recurre a la aplicación de técnicas y obras que permiten y facilitan la retención, la infiltración y el almacenamiento.

Los problemas de drenaje están asociados a los elevados índices de erosión y al desorden en el crecimiento urbano de la población. La situación de riesgo por inundaciones en la parte baja de las cuencas, se aumenta aún más con el deterioro higiénico sanitario de la población, además del inadecuado manejo de los desechos sólidos.

Otro ejemplo a seguir en el desarrollo e implementación de este tipo de sistemas de drenaje fueron los romanos con sus famosos arcos y túneles para transportar

¹ Urbonas y Stahre, 1993

las aguas en diferente dirección y con cambios de pendientes, que los convierte en únicos y complejos. Estos túneles de conducción de agua pluvial cruzaban los extremos de la ciudad, librándose de peligros de inundaciones y usando estos flujos de agua para fines acordes a un mejor avance técnico, económico y social en las metrópolis que adoptaron estos sistemas de drenaje.

En el año 1.999 fue desarrollado un programa habitacional promovido por el Gobierno de Nicaragua para contrarrestar las acciones ilegales de toma y expropiaciones, para legalizar los asentamientos espontáneos, y se tomó la decisión de formalizar al barrio Anexo Villa Libertad.

Tradicionalmente, en este sector escurren las aguas superficiales que de forma natural bajan de las partes altas del sur de la ciudad de Managua y de las micro cuencas que han formado cauces aledaños, debido al tipo de suelos que son mayoritariamente arenosos, de poca compactación y erosionables.

En el invierno, el volumen de las lluvias se ha incrementado en los últimos años en los sectores norte de las micro cuencas como consecuencia del rápido avance de los proyectos urbanísticos, asentamientos espontáneos que se han formado en el borde de los cauces y la tala indiscriminada de árboles que se ha practicado en la zona; siendo estos los motivos que más inciden en los procesos erosivos de los suelos que se encuentran sin protección.

En una parte de la longitud prevista, existen cunetas y las rasantes están definidas por la infraestructura existente. Las obras existentes tales como: cunetas, pozos de visitas y otras, restringen el nuevo trazado de la rasante tanto vertical como horizontal y así mismo, también define el sentido de escurrimiento de las aguas pluviales. En gran parte la rasante, de las calles se restringe por niveles de tapa de manjoles, calles ya adoquinadas colindantes y cunetas en algunas esquinas.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El Estudio denominado, “**Diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial para el barrio Anexo Villa Libertad** ubicado en el distrito VII de la Ciudad de Managua, consiste en la elaboración de un sistema drenaje pluvial, cuyo objetivo es la mitigación de impactos ambientales negativos causados por las inundaciones, que afecta a un sector de este barrio por la falta de un sistema que pueda captar las aguas provenientes del sector de las comarcas “Barrio Nueva Nicaragua y Arlen Siu”.

Con la realización de este estudio, se obtendrá una solución que facilitará una propuesta sustentada técnicamente, así mismo contribuirá con la sociedad, ya que este proyecto podrá ser puesto en marcha para mejorar la calidad de vida de los pobladores de este barrio.

Este proyecto beneficiaría a muchas familias del sector, declarada zona de alto riesgo, igualmente beneficiaría el uso de tecnología limpia, práctica y sencilla, con enfoque sostenible que le permita a los usuarios sentirse seguros y respaldados por la implementación de un sistema de conducción de las aguas pluviales para erradicar cualquier tipo de pérdidas (materiales y humanas); convirtiéndola ésta en una área libre de inundaciones. Desde el punto de vista práctico, esta tesis servirá para la posterior planificación y desarrollo de un proyecto para la zona de la sub-cuenca III; en uno de los barrios con mayor problemática y los barrios colindantes que son afectados por la falta de obras de drenaje en el Distrito VII.

Desde el punto de vista social, la utilización de este diseño no solamente busca modificar la problemática que causa el exceso de lluvias, las cuales alimentan muchos afluentes de la sub-cuenca III; sino también crea una conciencia sobre el uso apropiado de este sistema que facilite el mejoramiento socioeconómico del barrio y cambio en la cultura de la población. Además, con la implementación de este tipo de proyecto se da posibilidad de crear nuevas fuentes de empleo y así mismo mejorar los niveles de vida de las familias beneficiadas.

Académicamente, este diseño podrá ser un material de apoyo y consulta a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil y Agrícola en asignaturas como: Tecnología y Medio Ambiente, Ingeniería Sanitaria, Hidrología, entre otras. A la vez, este estudio podrá ser utilizado como una herramienta sumamente útil para profesionales u organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que promueven y utilizan tecnologías relacionadas con la evacuación de agua de lluvia como una fuente alterna a fines varios en cualquier parte del país.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Diseñar un Sistema de Drenaje Pluvial para el Barrio Anexo Villa Libertad, en Distrito VII de la Ciudad de Managua.

1.4.2 Objetivos Específicos

-) Delimitar las cuencas conformadas en el área de estudio.
-) Definir el caudal de diseño, mediante un análisis estadístico de probabilidades de ocurrencia o periodo de retorno en el área de estudio.
-) Presentar los resultados del análisis de los estudios hidrológicos
-) Diseñar nuevas estructuras y/o reemplazo de existentes en los sitios que sea necesario utilizar debido a las condiciones hidráulicas requeridas.
-) Elaboración de un presupuesto de obra del área de estudio.
-) Presentar una evaluación de impacto ambiental.
-) Diseño y elaboración de planos constructivos.

1.5 LOCALIZACIÓN

La ciudad de Managua está ubicada a la orilla sur del lago homónimo, tiene un área de 544 km², correspondiendo un área urbana de 173.7 km² y rural de 370.3 km², con una población total de 1, 024,842 habitantes, correspondiendo el 95.7% al área urbana, el barrio anexo villa libertad limita al norte con la Costa del Lago de Managua, al sur con el barrio Villa Venezuela, al Este con el municipio de Tipitapa y al Oeste limita con el distrito 4 y 5.



2.2 Población y Vivienda

El barrio Anexo Villa Libertad tiene una población de aproximadamente 7,285 habitantes²; inicialmente el barrio constaba de 1,175 viviendas, con un promedio de 6 habitantes por vivienda. La ubicación de las mismas es de forma desordenada como consecuencia de la falta de una planificación urbana. En sus inicios, esta población carecía de agua potable y energía eléctrica, y estaba catalogado como un barrio ilegal.

Este barrio pasó a formar parte de las urbanizaciones progresivas, en las cuales se cumplen los requerimientos mínimos de urbanismo, cuyos lotes miden aproximadamente de 100 a 120 m². Según planos de la ALMA, el barrio tiene aproximadamente 9 hectáreas equivalente a 13 manzanas, las que están saturadas de viviendas.

2.3 Características físicas y naturales de la ciudad de Managua

2.3.1 Clima

El clima predominante en Managua es de Sabana Tropical (Aw), según clasificación de Koppen. Este clima, se caracteriza por presentar una marcada estación seca de cuatro a cinco meses de duración, extendiéndose principalmente entre los meses de Diciembre a Abril.

2.3.2 Precipitación

La distribución espacial de la precipitación total anual, muestra que ésta varía desde 1.025 mm en la comarca San Isidro, hasta 1.554 mm en la parte más húmeda (El Crucero). Los análisis de las precipitaciones muestran que el mes más lluvioso es Septiembre y el mes más seco es Febrero.

² Dato del año 2014

2.3.3 Temperatura

La distribución de la temperatura media mensual en el Departamento de Managua, alcanza sus valores más altos en San Francisco Libre (entre 30.3 °C y 36.9 °C) en los lugares más elevados, situados al Norte y Suroeste del departamento; con oscilaciones máximas anuales de 24 °C y 32 °C respectivamente.

2.3.4 Humedad y evaporación

La humedad relativa media anual en el Departamento de Managua, varía de 64% en la estación de San Francisco Libre, y hasta 75% en la estación Managua Aeropuerto. Según el mapa de distribución espacial de la humedad relativa media anual, se muestra que en la parte Suroeste del departamento se localizan valores mayores al 75% de humedad, mientras que en la parte central y norte de dicho departamento, éstos son inferiores al 75%. Con respecto al régimen de evaporación, se observa que los totales anuales de evaporación oscilan entre 2.380 mm y 2.806 mm, incrementándose ésta en la zona norte del departamento.

2.3.5 Presión atmosférica y vientos

Algunos resultados indican que la presión atmosférica y la velocidad media del viento presentan sus valores máximos entre los meses de Enero a Marzo. La presión con un valor máximo de 754.6 Pa y el viento alcanza una velocidad media máxima de 3.0 m/s, debido a la influencia de los anticiclones continentales migratorios, procedentes del continente norteamericano. El valor mínimo de la presión atmosférica ocurre en Octubre con un valor de 753.2 Pa, coincidiendo con el valor mínimo de la velocidad media mensual del viento, que también se da en Octubre, con un valor de 1.0 m/s. La dirección predominante del viento durante todo el año es de componente Este.

2.4 Servicios básicos e infraestructura

2.4.1 Agua potable

Un 90% de las viviendas del cuenta con servicio domiciliar de agua potable, el 10% restante se abastecen de agua potable por medio de conexiones ilegales que han sido instalados por los mismos habitantes.

2.4.2 Alcantarillado sanitario

El barrio cuenta con una parte del servicio de alcantarillado sanitario, no obstante la mayoría de la población hace uso de letrinas o excusados y sumideros. Actualmente esto ha provocado una situación crítica, ya que la dimensión de sus lotes son en la mayoría con un área de 105 m² creando de esta forma un medio insalubre debido a que las letrinas se encuentran ubicadas en estos lotes de poca área.

2.4.3 Servicios de energía eléctrica

El barrio tiene servicio de energía eléctrica, se han legalizado e instalado debidamente las conexiones domiciliarias, disminuyéndose así, los riesgos que corría la población al conectarse ilegalmente al sistema existente.

2.4.4 Servicios de telefonía, cable e internet

El barrio cuenta con todas las modalidades de telecomunicaciones; desde telefonía básica, celular e internet.

2.4.5 Plan de control y manejo de la basura

El servicio de recolección de basura es brindado por la administración de la Alcaldía de Managua, la que hace recorridos por lo general en una sola avenida del barrio, ocasionando que la mayoría de los pobladores de este desechan los desperdicios sólidos en el cauce anexo al barrio.

Fotografía # 1



Fotografía # 2



Aspecto de las Calles del Bº Anexo Villa Libertad

2.4.6 Alcantarillado pluvial

El barrio **no cuenta con alcantarillado pluvial**, por lo que esto ha provocado deterioro de sus calles y avenidas, generando áreas de inundación. La existencia de un cauce (en el costado Oeste), ha beneficiado a ciertos sectores del barrio, al permitir evacuar esta agua, a pesar de que no está construido hidráulicamente apropiado.

2.4.7 Calles y Avenidas

Actualmente el 100% son de terreno natural y en mal estado, todos los inviernos las calles se vuelven intransitables a causa de no tener un drenaje pluvial. El escurrimiento de las aguas debido a las lluvias es totalmente superficial sobre las calles del barrio. Las aguas son drenadas por la pendiente natural del terreno de sur a norte.

2.4.8 Principales Instituciones

Se cuenta con seis Iglesias Evangélica y dos colegios entre preescolar y primaria.

3.1. Generalidades

El alcantarillado para aguas de lluvias está conformado por el conjunto de colectores y canales necesarios para evacuar la escorrentía superficial producida por la lluvia. Inicialmente el agua es captada a través de los sumideros en las calles y conexiones domiciliarias, y llevada a una red de tuberías que van ampliando su sección a medida que aumenta el área de drenaje, los que harán la entrega final al río o cauce cercano.

Los elementos que forman el sistema de drenaje urbano se diseñan y dimensionan de manera que puedan hacerse cargo de las crecidas provocadas por las aguas lluvias que precipitan sobre las ciudades para entregarlas al drenaje natural de la cuenca en la cual se ubican, idealmente sin provocar grandes cambios en relación al sistema original. Debido a que habitualmente no se dispone de datos de las crecidas, se recurre a métodos hidrológicos que permiten estimar las características de éstas a partir de los antecedentes disponibles de precipitaciones.

Las propiedades de las crecidas que se estiman con este procedimiento dependen del método empleado y de las características de las precipitaciones consideradas. En la literatura técnica se han propuesto diferentes modelos para esta transformación, así como también varias opciones para considerar lluvias de diseño que sirven de dato para el cálculo.

Por otra parte desde el punto de vista de la planificación o diseño de los sistemas de drenaje urbano, como en muchas de las obras hidráulicas, se abordan dos aspectos. Por un lado se dimensionan las obras de manera de responder a una operación o funcionamiento que permita cumplir con los objetivos del sistema, y por otra se evalúan las dimensiones de los elementos de seguridad que permitan minimizar los riesgos de falla de la obra frente a situaciones extremas pero posibles. Esto es claro en el caso de obras como embalses para los cuales el dimensionamiento del volumen se hace de manera de satisfacer o ajustar las

demandas y las ofertas poniendo atención en las situaciones de escasez, mientras que las obras de seguridad, como los vertederos, permite afrontar grandes crecidas minimizando el riesgo de colapso de la estructura.

En los sistemas de drenaje urbano muchas veces se han confundido estas dos funciones y el sistema se diseña como si se tratara solo de evacuar crecidas para evitar o minimizar los riesgos de inundación, de manera que los métodos y elementos empleados para el diseño no logran explicar el funcionamiento de los elementos de drenaje frente a condiciones normales.

En el estudio hidrológico de una cuenca se plantea la necesidad de realizar un análisis de aquellas áreas susceptibles a inundaciones, para prevenir o mitigar el daño provocado por avenidas de gran magnitud a sectores importantes como ciudades urbanizadas. Uno de los factores importante es conocer cuál es la descarga del flujo que llega al sitio.

La descarga puede determinarse por varios métodos hidrológicos a través de registros históricos de correntadas o utilizando información específica de la zona, si existen. También se puede utilizar información general de la intensidad pluvial de la zona, análisis comparativos de una región específica para determinar las corrientes en función de la cuenca y sus características, usando métodos como la **Fórmula Racional** junto con información generalizada de la intensidad pluvial u otras.

El método racional por ejemplo permite dimensionar un elemento de evacuación pero no dice nada en relación al comportamiento de uno de retención, ya que no da información sobre el volumen de la crecida. Por otra parte el diseño de los elementos de seguridad se hace para situaciones de baja frecuencia, es decir para crecidas extraordinarias, mientras que la retención o el tratamiento de la calidad debe hacerse para las condiciones más frecuentes.

Los modelos de transformación lluvia escorrentía han evolucionado desde el tradicional Método Racional utilizado a mediados del siglo XIX, hasta sofisticados modelos de simulación que consideran elementos de transporte, almacenamiento, régimen permanente y aspectos de calidad, como SWMM (U.S. EPA, 2005), Mike (DHI, 1998), Haestad (Bentley, 1993). A la par con los modelos, han evolucionado las tormentas que se emplean como datos de entrada a estos métodos para generar las crecidas en puntos de interés en la red de drenaje.

Se empezó a utilizar alrededor de la mitad del siglo XIX, es probablemente el método más ampliamente utilizado hoy en día para la estimación de caudales máximos en cuencas de poca extensión.

Es una herramienta utilizada para conocer el caudal en una cuenca menor de 500 Ha, está basado en la suposición de que el flujo máximo ocurre, cuando toda la cuenca contribuye a la escorrentía, el evento de precipitación se asume como una precipitación uniforme de duración específica.

Para poder dimensionar los elementos de un sistema de drenaje urbano es necesario seleccionar un método apropiado para estimar propiedades de las crecidas a partir de las propiedades de las lluvias, y además seleccionar una lluvia de diseño que capture las propiedades de interés que condicionan las de las crecidas.

A continuación se analizan estos aspectos comenzando por la caracterización de las lluvias, los métodos de diseño para el drenaje urbano, y un análisis de los procedimientos propuestos para definir lluvias de diseño.

3.1.1 Caracterización Fisiográfica de la cuenca

- a) Rectángulo equivalente: es un rectángulo que tiene la misma superficie de cuenca, el mismo perímetro, el mismo índice de compactidad e idéntica repartición que la cuenca de estudio.

En este trabajo para calcular el rectángulo equivalente se utilizan las siguientes fórmulas:

$$LM = \frac{P \Gamma \sqrt{P^2 Z16^* S}}{4} \quad \text{Formula 1}$$

$$Lm = \frac{P Z \sqrt{P^2 Z16^* S}}{4} \quad \text{Formula 2}$$

Dónde:

LM: Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente

Lm: Longitud del lado menor del rectángulo equivalente

P: Perímetro de la cuenca

S: Superficie de la cuenca

b) Forma de la cuenca: determina la distribución de las descargas de agua en la superficie de recepción de la cuenca y es en gran parte responsable de las características de las crecidas y el comportamiento de los mismos. El comportamiento de una avenida es expresado por parámetros; tales como: el coeficiente de compacidad y el factor forma.

b.1) Factor de forma: es la relación entre el ancho medio de la cuenca y la longitud del curso de agua más largo.

$$F_f = \frac{A}{L^2} \quad \text{Formula 3}$$

Una cuenca con factor de forma bajo, está sujeta a menos crecientes que otra del mismo tamaño, pero con coeficiente de forma mayor.

b.2) Índice de compacidad o de gravelius: es el que da una idea de la forma de la cuenca y relaciona al perímetro de la cuenca y del círculo de la misma superficie. Si I_c es mayor que uno, pertenece a una cuenca alargada. Este tipo de cuencas reducen las probabilidades de que sean cubiertas en su totalidad por una tormenta, lo que afecta el tipo de respuesta que presenta el río (cauce).

$$I_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} \quad \text{Formula 4}$$

Dónde:

I_c: Índice de compacidad de gravelius.

P: Perímetro de la cuenca.

S: Superficie de la cuenca

- b) Pendiente del cauce: para determinar la pendiente del río se utiliza la siguiente fórmula dejando como otra opción el empleo de varias ecuaciones que estarán en dependencia del comportamiento del terreno.

$$I_{\text{cauce}} = \frac{HM - ZHm}{1000 * Lr} \quad \text{Formula 5}$$

Dónde:

I cauce: Pendiente media del río

HM: Elevación máxima del punto más remoto del cauce principal (m).

Hm: Elevación mínima del punto de cierre del cauce principal (m).

Lr: Longitud del río (Km.)

- d) Coeficiente de Torrencialidad:

$$C_t = \frac{N}{S} \quad \text{Formula 6}$$

Dónde:

C_t: coeficiente de torrencialidad

N: número total de ríos

S: superficie total de la cuenca

Con el coeficiente de torrencialidad se puede establecer el grado de erosión de la red de drenaje. Conocido este coeficiente se definió una jerarquía del mismo, con el fin de aplicar en cuanto como, con respecto al grado de erosión de arroyos y

ríos, la erosión del suelo afecta a diferentes cuencas, obteniéndose, finalmente los siguientes valores.

- e) Densidad de drenaje: suma de las longitudes de toda la red de cauces de cualquier orden, en una cuenca, dividida por el área de la misma.

$$Dd = \frac{L \text{ río}}{S} \quad \text{Formula 7}$$

Dónde:

- Dd:** Densidad de drenaje
L río: Longitud total de cursos de agua (Km)
S: Superficie total de la cuenca (km²)

Este parámetro viene a apoyar los resultados de la forma de la cuenca, determina que a bajas densidades menos posibilidades de crecientes. Ésta será favorecida si en la región existe material de subsuelo altamente resistente, con una cubierta de vegetación muy densa y relieve plano. Usualmente tiene valores entre 0.5 km/km² para cuencas con drenaje pobre hasta 3.5 km/km² para cuencas excepcionalmente bien drenadas.

También es una medida de la textura de la red y expresa el equilibrio entre el poder erosivo del caudal terrestre y la resistencia del suelo y rocas de la superficie, es decir, indica la posible naturaleza de los suelos que se encuentra en la cuenca. Valores bajos representan zonas con densa cobertura vegetal, piedra arenisca, permeable y resistente a la erosión; por lo contrario representan zonas con poca cobertura vegetal, tierras arcillosas, impermeables y fácilmente muy erosionables.

3.1.2 Caracterización y determinación de los parámetros para el cálculo del caudal por el método racional

- a) Ubicación del punto de Interés.

Antes de realizar los cálculos se procede a situar el punto de estudio tanto su macro-localización como su micro-localización.

Se localiza en mapa topográfico el punto de interés sobre el cauce en el que interesa conocer su caudal para fines de una construcción hidráulica. El mapa a utilizar deberá estar en escala adecuada que permita interpretar con claridad la información, de preferencia en 1:10,000 a 1:50,000, las curvas de nivel deberán ser lo menos distante posible de preferencia a cada uno a cinco metros.

b) Delimitación de la cuenca.

Se delimita la cuenca estableciendo como punto de control o de cierre el que corresponde al sitio de interés de acuerdo al propósito del estudio o sea la ubicación del sitio de estudio.

c) Área de la cuenca en recepción

Es el área de la cuenca hidrográfica medida en proyección horizontal.

d) Perímetro

Es el contorno de la cuenca que se encuentra delimitada por el parteaguas. Esta característica tiene influencia en el tiempo de concentración.

e) División de la cuenca en sub-cuencas.

El tamaño de cada sub-cuenca está determinado por las limitaciones del Método Racional que se aplica en cuencas cuya área de aportación es menor de 500 Ha (5.0 Km²). Cada sub-cuenca tiene su punto de control o cierre.

f) Identificación del punto de control de cada sub-cuenca.

La identificación puede ser por número, una o grupo de letras o un nombre.

3.1.3 Determinación de las características hidrometeorológicas de cada sub-cuenca

a) Nombre

Para identificar a cada sub-cuenca generalmente se toma la primera letra o las siglas del nombre del sector en el que se localiza el punto de interés de la cuenca, por ejemplo LDG -1 (LDG: Anexo Villa Libertad, correspondiente al punto de control 1).

b) Área

El área de aportación se obtiene por lecturas con el programa AutoCAD Civil 3D en forma digital del mapa geodésico o con menor precisión dividiendo la sub-cuenca en figuras geométricas conocidas para su facilidad de cálculo como fórmulas matemáticas (rectángulos, trapecio, triángulos, etc).

c) Longitud total del cauce (L)

La longitud se mide tomando en cuenta el cauce principal, que generalmente es el de mayor recorrido partiendo del punto más remoto hasta el punto de control.

d) Altura máxima (H_{máx})

Es la elevación máxima según curvas de nivel del punto más remoto del cauce principal donde se inicia el escurrimiento de agua.

e) Altura mínima (H_{mín})

Es la elevación más baja del punto de control de la subcuenca.

f) Pendiente del fondo del cauce (S_c)

$$S_c = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} \quad \text{Formula 8}$$

Es la pendiente del fondo del cauce principal.

a) Tiempo de concentración (t_c)

El tiempo de concentración depende de la longitud máxima que debe recorrer el agua hasta la salida de la cuenca y de la velocidad que adquiere, en promedio dentro de la misma. Se puede calcular con varios métodos o fórmulas, pero en Centroamérica se utiliza la fórmula de Basso que también se le denomina el método Hidrometeorológico Centroamericano.

$$t_c = 0.0041 \frac{3.28 L^{0.77}}{\sqrt{Sc}} \quad \text{Formula 9}$$

Dónde:

- tc:** Tiempo de concentración (minutos)
- L:** Longitud del cauce principal (metros)
- Sc:** Pendiente del cauce (m / m)

h) Selección de la estación meteorológica

La selección depende de la cercanía de la estación meteorológica con el proyecto y de las condiciones topográficas de su área de influencia determinada por los polígonos de Thiessen.

i) Intensidad de precipitación (I)

Se obtiene por la lectura directa en la curva de Intensidad – Duración Frecuencia (IDF) de la estación meteorológica o por la aplicación de su respectiva ecuación definida para el periodo de retorno (T) seleccionado para el diseño.

j) Periodo de retorno.

La lluvia de diseño de un sistema de aguas lluvias es un tema relativamente complejo, puesto que depende del grado de seguridad ante las inundaciones que requiera la ciudadanía o sea el período de retorno de la misma. El período de retorno indica la ocurrencia en que un evento puede ser igualado o superado por lo menos una vez en un determinado tiempo. Tradicionalmente para elegir el período de retorno de diseño se recurre a la bibliografía de otros países adoptando criterios similares. Se puede decir que el comportamiento de una lluvia cuya

intensidad máxima diaria no tiene necesariamente relación con el volumen anual precipitado.

k) Coeficiente de escorrentía (C)

Es la relación entre el volumen de agua de escorrentía superficial total y el volumen total de agua precipitado, en un intervalo de tiempo determinado (ambas expresadas en altura de agua).

Con base en los documentos de normas Checas para estabilización de cauces y cárcavas, se esbozó un plan maestro del drenaje pluvial subterráneo y superficial de la Ciudad de Managua y observaciones de campo propone para la determinación del coeficiente de escorrentía, en dependencia de los siguientes factores: uso y tipo de suelo y pendiente del terreno. Para la determinación del coeficiente de escorrentía se utiliza la tabla recomendada por la ALMA.

Tabla N° 1

Uso del Suelo	Us
Vegetación densa, bosques, cafetales con sombra, pastos	0.04
Maleza, arbustos, solar baldío, cultivos perennes, parques, cementerio, campos deportivos	0.06
Sin vegetación o con cultivo anuales	0.10
Zonas suburbanas (viviendas, negocios)	0.20
Casco urbano y zona industriales	0.30-0.50
Tipo de Suelos	Ts
Permeable (terreno arenoso, ceniza volcánica, pómez)	1.00
Semipermeable (terreno arcilloso-arenoso)	1.25
Impermeable (terreno arcilloso, limoso, marga)	1.50
Pendiente del terreno (%)	Pt
0.00 – 3.00	1.00
3.01 – 5.00	1.50
5.01 – 10.00	2.00
10.01 – 20.00	2.50
20.01 y más	3.00
C = Us x Ts x Pt Formula 10	

Dónde:

- C:** Coeficiente de escorrentía
- Us:** Uso del Suelo
- Ts:** Tipo de Suelo
- Ps:** Pendiente del suelo

Cuando se presentan diferentes usos del suelo, se toma un valor ponderado del Coeficiente de escorrentía para toda la cuenca. Se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$C = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i} \quad \text{Formula 11}$$

Dónde: **C:** Coeficiente de escorrentía de toda la cuenca
C_i: Coeficiente de escorrentía por cada zona según uso de suelo
A_i: Área de cada zona según uso del suelo

La escorrentía es limitada en las cuencas pequeñas que drenan hacia los lagos y al océano por la poca precipitación, altas capacidades de infiltración, alta evaporación potencial y cortas trayectorias de los ríos.

l) Caudal (Q)

Se calcula por la aplicación del método de la fórmula racional, o sea:

$$Q = 0.2778 C I A \quad \text{Formula 12}$$

Dónde: **Q:** Caudal (m³/s)
C: Coeficiente de escorrentía (adimensional)
I: Intensidad de precipitación (mm/hr)
A: Área de la cuenca (km²)

3.1.4 Determinación de los parámetros para la aplicación del método tránsito de avenida

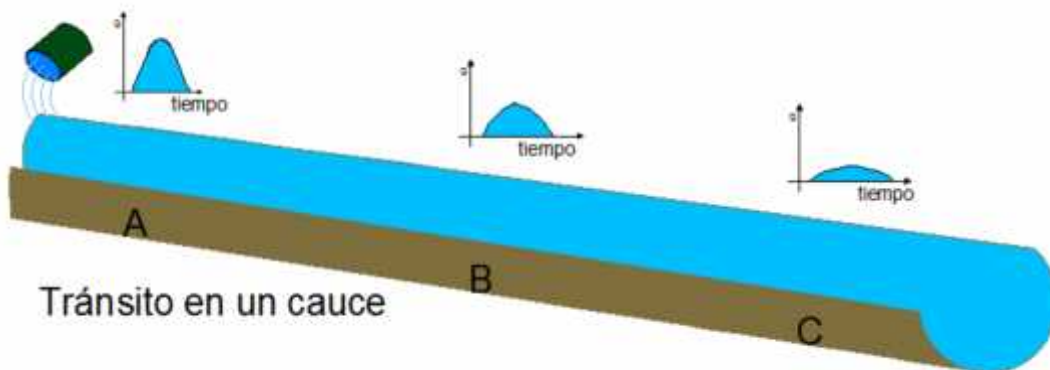
Por avenidas se entiende el fenómeno provocado por el rápido aumento de los gastos en un corto intervalo de tiempo hasta un gasto máximo, después del cual normalmente los gastos disminuyen. Las avenidas tienen gran importancia para las construcciones hidrotécnicas y de ingeniería en el cálculo de las obras como puentes, diques, aliviaderos de presas, etc.

Una estimación incierta de las avenidas nos lleva por una parte a que se produzcan catástrofes (las inundaciones, fundamentalmente las grandes, provocan en muchos casos grandes pérdidas a la economía y en algunos casos hasta pérdidas de vidas humanas) y por otra parte pueden hacer que las obras sean antieconómicas; por eso es que las avenidas deben estudiarse con mucha dedicación.

El tránsito de avenida son todos los procedimientos con los cuales se pueden determinar el tiempo y la magnitud de una avenida en un punto del cauce, basándose en datos conocidos o supuestos en uno o más puntos aguas arriba del sitio de interés. Las bases de éste método son las siguientes:

- Se origina de las fórmulas de Saint Venant.
- No se consideran fuerzas hidrodinámicas.
- No se puede aplicar cuando hay remanso.
- No se debe aplicar cuando el agua del río ocupa un cauce irregular.

Imagen # 3



Este método se aplica para transitar el hidrograma obtenido en el punto de control de una sub-cuenca, hacia el próximo punto de control sobre el cauce principal de la cuenca. El tránsito permite amortiguar los caudales a través del tiempo con el propósito de simular la condición del flujo en el cauce del río.

a) Gráficas esquemáticas de las avenidas

Existen numerosas ocasiones en el planteamiento, diseño, revisión y operación de sistemas hidráulicos en los cuales es necesario estimar las crecientes provenientes de aguaceros específicamente por ejemplo, para la determinación hidráulica de las dimensiones de una obra hidráulica. Estas crecientes o avenidas se pueden representar en gráficas conocidas como hidrogramas.

Un hidrograma es una representación gráfica de la variación del caudal, provocado por la precipitación de las lluvias, en relación con el tiempo. Existen dos métodos para trazar un hidrograma y son: el hidrograma sintético y la curva S. Frecuentemente no se conoce la forma de la avenida, por lo que se pueden aceptar, en algunos casos, con cualquier forma geométrica.

a.1) Hidrograma sintético

Aquí se relaciona el caudal contra el tiempo de escurrimiento de la precipitación formado por dos componentes, el flujo de escurrimiento superficial efectivo o directo y el flujo base consistente del escurrimiento subterráneo. El elemento básico para estimar la forma del hidrograma de escorrentía es el hidrograma unitario.

a.1.1) Hidrograma sintético unitario.

La técnica del hidrograma unitario consiste en transformar la lluvia en escorrentía directa superficial medida en un punto específico de una cuenca o área de drenaje que. Como el agua no puede escurrir sobre la superficie sin haber alcanzado antes cierta altura, parte de la lluvia, al comienzo de la misma, queda en almacenamiento temporal o detención superficial.

El hidrograma unitario se define como el de unidad de escorrentía directa de una lluvia de duración dada. Es evidente que si la duración de la lluvia varia, la forma del hidrograma total, y por lo tanto, la del unitario variarán. Por esta razón, cuando se habla del hidrograma unitario se hace necesario especificar de la duración de la lluvia efectiva correspondiente.

Para estimar el caudal pico de diseño de estructuras hidráulicas se aplica al hidrograma unitario una lluvia máxima efectiva, descontando pérdidas por intercepción de la vegetación e infiltraciones que no contribuyen a la generación directa de escorrentía superficial.

Cuando se desprecia el efecto de almacenaje, el hidrograma tiene la forma de un triángulo. Si bien es cierto que el hidrograma triangular sintético tiene mucha simplicidad proporciona los parámetros fundamentales del hidrograma: caudal punta, tiempo base y en tiempo que se produce el caudal punta.

a.2) Hidrograma curva S

Se llama así al hidrograma de escorrentía directa que es generado por una lluvia continua uniforme de duración infinita. Es el hidrograma que resultaría de una serie infinita de incrementos de escorrentía unidad en t horas y se obtiene sumando sucesivos hidrogramas semejantes al hidrograma unitario de duración t , desfasados entre si un tiempo t . Se utiliza para convertir un hidrograma a otro de mayor o menor duración. Su enorme importancia radica en que permite obtener hidrogramas unitarios a partir de uno conocido.

b) Ecuación del tránsito

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_1 \quad \text{Formula 13}$$

Dónde:

- O₂:** caudal de salida al momento del tránsito
- I₂:** caudal de entrada al momento del tránsito
- O₁:** caudal de salida un instante antes del tránsito
- I₁:** caudal de entrada un instante antes del tránsito
- C₀, C₁, C₂:** coeficientes de rugosidad del cauce

El método del tránsito finaliza o una sub-cuenca está transitada cuando, en el hidrograma trazado, se observa que en los puntos de control aguas arriba y aguas

abajo de ésta coinciden en un caudal igual a cero tras haber transcurrido un determinado tiempo de lluvia y en la cual ésta ha cesado.

c) Factores que afectan el caudal de avenidas

Las avenidas dependen, en la generalidad de los casos, de las altas tasas del escurrimiento superficial; por tanto, los factores que afectan el caudal de avenidas se pueden reunir en dos grupos:

- Los factores climáticos, de los cuales dependerá la magnitud de las tormentas.
- Los factores fisiográficos, los cuales dan las características físicas de la cuenca.

3.1.4.1 Cálculo de los parámetros para el método de tránsito – avenida

a) Velocidad de tránsito (Vt)

Para el primer tránsito es la velocidad del flujo en la primera subcuenca. Se calcula con la fórmula de velocidad

$$V = \frac{L}{t_c} \quad \text{Formula 14}$$

Dónde:

- V:** velocidad del flujo
- L:** longitud total del cauce en la sub-cuenca
- tc:** tiempo de concentración en la sub-cuenca

Si más de una sub-cuenca converge en el punto de cual se inicia el tránsito, será el promedio aritmético de las velocidades del flujo en cada sub-cuenca.

$$V_t = \frac{1}{n} (V_1 + V_2 + \dots + V_n) \quad \text{Formula 15}$$

Dónde:

n: es la cantidad de sub-cuenca que convergen en el punto a partir del cual se hará el tránsito.

Para el segundo tránsito y los posteriores es el promedio aritmético considerando la velocidad del flujo en cada sub-cuenca que converge en el punto donde inicia el tránsito incluida la velocidad del o los transitos (inmediatos anterior) realizados hasta dicho punto.

$$V_t \times \frac{1}{x} (V_1 + V_2 + \dots + V_t) \quad (\text{realizado})' \quad \text{Formula 16}$$

Dónde:

x: representa la cantidad de datos a sumar.

b) Longitud de tránsito (Lt)

Es la distancia entre dos puntos de control consecutivos, medidos sobre el cauce principal de la cuenca.

c) Tiempo de retardo (K)

Representa el desfase entre el tiempo pico del hidrograma a transitar y el tiempo pico del hidrograma transitado.

$$K \times \frac{L_t}{V_t} \quad \text{Formula 17}$$

Dónde:

K: tiempo de retardo

Lt: longitud del tramo del cauce principal a través del cual se hará el tránsito.

Vt: velocidad del tránsito a realizar.

d) Tiempo del hidrograma a transitar (t)

Es el cociente que resulta al dividir como mínimo por 2 el tiempo pico del hidrograma a transitar. Si al menos un coeficiente de rugosidad de la ecuación del tránsito es negativo, el tiempo pico se divide por 3, 4, 5... n veces hasta obtener coeficiente de rugosidad positivos.

Si después de varias subdivisiones el valor continúa negativo, significa que habrá pérdida de caudal en el tránsito, lo que ocurre si el tiempo de retardo (K) es mucho menor que el tiempo pico del hidrograma a transitar.

e) Coeficientes de rugosidad

$$C_0 X Z \frac{(K X Z 0.5 t)}{K Z K X \Gamma 0.5 t} \quad \text{Formula 18}$$

$$C_1 X \frac{(K X \Gamma 0.5 t)}{K Z K X \Gamma 0.5 t} \quad \text{Formula 19}$$

$$C_2 X \frac{(K Z K X Z 0.5 t)}{K Z K X \Gamma 0.5 t} \quad \text{Formula 20}$$

Dónde:

K: tiempo de retardo o constante de almacenamiento en minutos

t: tiempo del hidrograma a transitar.

X: expresa la importancia relativa de las entradas y salidas del flujo al tramo en el almacenamiento del mismo.

Su valor se obtiene por el método de las Lasadas y oscila entre 0.10 y 0.30 según las características del cauce. Para cauces se utiliza el valor promedio de 0.20. También se dice que se aproxima a 0.0 en cauces muy caudalosos y de pendiente pequeña y a 0.5 en caso contrario, pero se recomienda tomar el valor de 0.2 como valor medio.

Los coeficientes de rugosidad deben de cumplir:

$$C_0 + C_1 + C_2 = 1.0 \quad \text{Formula 21}$$

3.1.4.2 Secuencia lógica en la aplicación del Método

a. Tránsito del hidrógrama del primero al segundo punto

El procedimiento se realiza de aguas arriba hacia aguas abajo partiendo del primer punto de control y utilizando el hidrógrama triangular sintético en este punto.

Si dos o más subcuencas convergen en dicho punto, se hará una suma de hidrógramas triangulares y el hidrógrama resultante se transita hacia el segundo punto de control.

b. Gráfico del hidrógrama transitado

Se elabora en papel milimetrado el gráfico Caudal vs. Tiempo del hidrógrama transitado.

c. Suma de hidrógrama en el segundo punto

Se suma el hidrograma transitado y el hidrógrama triangular sintético de las subcuencas que convergen hacia el segundo punto. El hidrógrama suma se obtiene colocando los tiempos de los hidrógramas a sumar en orden cronológico ascendente con su respectivo caudal. Los caudales faltantes en cada hidrógrama se leen del gráfico correspondiente o interpolando.

d. Gráfico del hidrógrama suma en el segundo punto

Se elabora un gráfico Caudal vs. Tiempo utilizando los tiempos en orden cronológico ascendente y los caudales respectivos resultantes de la suma.

e. Tránsito del hidrógrama suma en el segundo punto hacia al tercer punto

El hidrógrama resultante de la suma en el segundo punto se transita hacia el tercer punto y aplicando la ecuación de tránsito de avenida.

f. Se prosigue la secuencia lógica del método hasta finalizar los cálculos en el punto de cierre de la cuenca

Del hidrógrama suma o hidrógrama resultante en éste punto se lee el caudal máximo que corresponde al caudal de diseño para el período de retorno (T) previamente seleccionado.

3.2. Estudio hidráulico

3.2.1 Infiltración

La infiltración es el movimiento del agua de la superficie hacia el interior del suelo. En el proceso de infiltración se pueden distinguir tres fases:

- a) Intercambio: Se presenta en la parte superior del suelo, donde el agua puede retornar a la atmósfera por medio de la evaporación debido al movimiento capilar o por medio de la transpiración de las plantas.
- b) Transmisión: Ocurre cuando la acción de la gravedad supera a la de la capilaridad y obliga al agua a deslizarse verticalmente hasta encontrar una capa impermeable.
- c) Circulación: Se presenta cuando el agua se acumula en el subsuelo debido a la presencia de una capa impermeable y empieza a circular por la acción de la gravedad, obedeciendo las leyes del escurrimiento subterráneo

3.2.1.1 Capacidad de Infiltración

Es la cantidad máxima de agua que el suelo por unidad de superficie horizontal y por unidad de tiempo, se mide por altura de agua que se infiltra y se mide en mm/h.

La capacidad de infiltración disminuye hasta alcanzar un valor casi constante a medida que la precipitación se prolonga, y es entonces cuando empieza el escurrimiento. A la lluvia que es superior a la capacidad de infiltración se le denomina lluvia neta (es la que escurre). A la lluvia que cae en el tiempo en que hay lluvia neta se llama lluvia efectiva, por lo tanto, la lluvia neta equivale a la lluvia eficaz.

3.2.1.2 Factores que intervienen en la capacidad de infiltración

- a) Tipo de suelo: Entre mayor sea la porosidad, el tamaño de las partículas y el estado de fisuramiento del suelo, mayor será la capacidad de infiltración.

- b) Grado de humedad del suelo: La infiltración varía en proporción inversa a la humedad del suelo, es decir, un suelo húmedo presenta menor capacidad de infiltración que un suelo seco.
- c) Presencia de sustancias coloidales: Casi todos los suelos contienen coloides. La hidratación de los coloides aumenta su tamaño y reduce el espacio para la infiltración del agua.
- d) Cubierta vegetal: Con una cubierta vegetal aumenta la capacidad de infiltración y en caso de terreno cultivado, depende del tratamiento que se le dé al suelo. La cubierta vegetal densa favorece la infiltración y dificulta el escurrimiento superficial del agua. Una vez que la lluvia cesa, la humedad del suelo es retirada a través de las raíces, aumentando la capacidad de infiltración para las próximas precipitaciones.
- e) Acción del ser humano y de los animales: El suelo virgen tiene una estructura favorable para la infiltración, alto contenido de materia orgánica y mayor tamaño de poros. Si el uso de la tierra tiene buen manejo y se aproxima a las condiciones citadas, se favorecerá el proceso de la infiltración, en caso contrario, cuando la tierra está sometida a un uso intensivo por animales o sujeto al paso constante de vehículos, la superficie se compacta y se vuelve impermeable.

3.2.2 Pozos y Zanjas de Infiltración

- a) Zanja de Infiltración: Excavación larga y angosta realizada en la tierra para acomodar las tuberías de agua a infiltrar (agua de lluvia o agua residual), para que sea infiltrada en el suelo permeable.
- b) Pozo de Infiltración: Hoyo profundo realizado en la tierra para infiltrar agua.

3.2.3 Prueba de Infiltración

Los pozos de infiltración no deben de instalarse donde el abastecimiento de agua potable se obtenga de pozos con profundidades menores a 10 m, o donde el subsuelo este compuesto por formaciones calcáreas o rocas fracturadas, a fin de minimizar la contaminación de la fuente de agua subterránea.

3.2.4 Erosión

Uno de los problemas con los cuales hay que tomar contacto durante el diseño de obras en lechos de ríos, es el pronóstico de erosiones localizadas aguas arriba y aguas abajo de la obra hidráulica. El problema de la erosión y deposición de suelos por acción hídrica es importante desde el punto de vista de la ingeniería, porque está relacionado entre otras, con la estabilidad de canales con lechos cohesivos y con la estabilidad de las obras de drenaje superficial (puentes, alcantarillas, cunetas, etc.)

La profundidad de la erosión localizada, está estrechamente vinculada a las particularidades hidráulicas del flujo, es decir, a la distribución de los caudales específicos; además de los procesos naturales de modificación permanente de los lechos de ríos (transporte y arrastre de sedimentos) y de las construcciones hidráulicas como: presas, canalizaciones, rectificaciones de cauces, puentes, entre otras.

Desde un punto de vista más amplio, se intenta realizar un aporte a la identificación de diversos parámetros y su caracterización en el proceso de erosión hídrica en suelos cohesivos, brindando en este campo de escaso desarrollo científico a nivel nacional e internacional, un soporte para futuras investigaciones y una actualización tecnológica para los ingenieros proyectistas.

3.2.4.1 Características de la erosión

El proceso de producción de sedimentos en las cuencas y su transporte por parte de las corrientes naturales es muy complejo. La cuantificación de los sedimentos

para proyectos de Ingeniería se basa actualmente en mediciones y en la aplicación de métodos empíricos. Las configuraciones de fondo, teóricamente, su existencia se debe a las superficies friccionales.

La pendiente del cauce es uno de los factores importantes que inciden en la capacidad que tiene el flujo para transportar sedimentos, por cuanto está relacionada directamente con la velocidad del agua.

Los suelos de baja resistencia al corte y alta permeabilidad son fácilmente erosionables, mientras que aquellos de alta resistencia al corte y baja permeabilidad son resistentes a la erosión. Por otro lado, los de baja resistencia al corte pero baja permeabilidad pueden ser erosionados en pequeña medida.

3.2.4.2 Causas de la erosión

La erosión puede tener varios orígenes y normalmente, cuando nos encontramos frente a un proceso erosivo, es por la combinación de varias causas no por una sola de ellas. Aunque estos procesos pueden ser naturales, casi siempre encontramos la mano del hombre en su desencadenamiento.

El fenómeno responde a una serie de causales coaligadas, entre ellas la fisiografía del terreno de elevadas pendientes y escasa vegetación, las características geológicas, el deficiente manejo de suelos y bosques y las intensas precipitaciones que caracterizan al período de lluvias.

Tres factores han sido identificados como más importantes en la contribución a la susceptibilidad del área a la erosión y son:

- 1) Cobertura vegetal: Considerando dos criterios: estratificación y densidad de la canopía (capa vegetal más alta de un bosque).
- 2) Factor fisiográfico: La contribución del factor fisiográfico a la erosión hídrica se ha expresado en función del tipo de relieve y porcentaje de pendiente y

suelo. Los diversos tipos de relieve, escalas de pendiente y tipo de suelos se asociaron con unidades y subunidades fisiográficas.

- 3) Factor climático: El efecto del clima sobre la susceptibilidad a la erosión ha sido también considerado y se han expresado en términos que reflejan las características climáticas para zonas dadas, vinculadas a los tipos de vegetación de cada una de ellas.

3.2.4.3 Efectos de la erosión

- 1) El aumento del riesgo de inundaciones catastróficas: La erosión disminuye la capacidad de un suelo para retener agua. Esta propicia que durante las lluvias torrenciales, que son tan comunes en nuestro país, sea mayor la escorrentía superficial y que las avenidas de agua sean mayores dando como resultado que las inundaciones son cada vez más catastróficas.

Se conocen como zonas inundables las que son anegadas durante eventos extraordinarios, por ejemplo aguaceros intensos y crecientes poco frecuentes. Se clasifican de acuerdo con las causas que generan las inundaciones. Estas causas son las siguientes:

- Encharcamiento por deficiencias de drenaje superficial.
- Desbordamiento de corrientes naturales.
- Obstáculos al flujo por la construcción de obras civiles: Puentes, espolones y obras de encauzamiento, viviendas en los cauces y represamientos para explotación de material aluvial.
- Sedimentación.

En lechos aluviales, el transporte de sedimentos juega un papel importante en las variaciones que sufre el canal principal a lo largo del tiempo y en su capacidad para transportar las crecientes. Los procesos de depósito y de socavación se activan de acuerdo con las magnitudes de las velocidades del agua; así, durante los estiajes y los períodos de aguas medias predominan los fenómenos de

depósito porque las velocidades son relativamente bajas y la capacidad es reducida.

Cuando llegan las crecientes se aumenta la velocidad de flujo y por tanto se incrementa el proceso erosivo y el ataque contra las márgenes. El desgaste del fondo va a depender de las características del suelo.

- 2) Daños en infraestructuras: el aumento de la carga sólida de las corrientes de agua aumenta el desgaste que ejercen sobre las construcciones humanas a las que afectan. El pilar de un puente se ve más dañado si el agua que le desgasta arrastra limos, piedras y arenas.

La erosión es un problema dependiente del tiempo, pues la erosión no es instantánea sino que requiere de tiempo para desarrollarse.

3.2.4.4 Transporte de sedimentos

Los sedimentos son transportados por un fluido rodando sobre el fondo, saltando o en suspensión.

El movimiento de los sedimentos en las corrientes de un río presenta dos formas:

- Los sedimentos en suspensión están constituidos por las partículas más finas mantenidas en éste estado por los remolinos de la corriente y sólo se asientan cuando el lecho se hace más liso, cuando la velocidad de ésta disminuye o descarga en un pozo o lago.
- Las partículas sólidas de mayor tamaño (como la arena) son arrastradas a lo largo del lecho de la corriente, ruedan cuando la velocidad del flujo es baja o se deslizan sobre otra; pero cuando la velocidad es alta pueden ser transportados en suspensión y se designan con el nombre de arrastre de fondo.

Existe un tipo intermedio de movimiento en el que las partículas se mueven aguas abajo dando rebotes o saltos, a veces tocando el fondo o avanzando en

suspensión hasta que vuelven a caer al fondo. A este movimiento se le denomina saltación y es una parte muy importante del proceso de transporte por el viento sobre la corriente. En la corriente líquida la altura de los saltos es tan reducida que no se distingue realmente del arrastre de fondo.

El conocimiento de la cantidad de sedimentos que transporta una corriente es útil en problemas tales como: determinar la cantidad de sedimentos que entran al vaso de una presa y la capacidad muerta o de azolves del mismo, estimar en cuanto tiempo se azolva un vaso cuando éste tiene poca capacidad, estimar la magnitud de tanques de sedimentación y la frecuencia de su dragado cuando se requiere al inicio o al final de una conducción, etc.

El cálculo de la pérdida de suelo a partir de la medida del movimiento de los sedimentos en las corrientes y los ríos tropieza con varios problemas. La realización de las mediciones lleva tiempo y resulta cara, su precisión puede ser baja, incluso si se dispone de datos correctos sobre el movimiento de una corriente no se sabe de dónde procede el suelo y cuándo se produjo el movimiento.

Sin embargo, puede resultar útil hacer comparaciones del movimiento en diferentes corrientes o en diferentes momentos del año o de cuencas hidrográficas en las que se dan diferentes usos a la tierra.

Existen varias causas posibles de error cuando se intenta de establecer una relación entre la cantidad del sedimento medido en las corrientes y la extensión de la erosión dentro de la cuenca hidrográfica. En primer lugar, pueden existir cantidades importantes del material erosionado que no contribuyen al sedimento en la corriente debido a que se deposita antes de que llegue a ellas. En segundo lugar es el factor tiempo. En una cuenca mayor el sedimento puede erosionarse y depositarse y sucesivamente volverse a erosionar y volverse a depositar cierto número de veces antes de que el sedimento llegue a la corriente.

En tercer lugar el sedimento de la corriente incluye materiales que proceden de diferentes fuentes. Por ejemplo, el sedimento procedente del derrumbe de las orillas de las zanjas o de las riberas de los ríos pasa inmediatamente al caudal de la corriente, dando como resultado una tasa de erosión local elevada, pero contribuir poco a la carga total de sedimentos.

3.2.4.4.1 Cálculo del arrastre de fondo

Para distinguir la forma de transporte que puede afectar a una obra, o que debe ser tomada en cuenta para diferentes problemas, se requieren ciertos datos para aplicar las fórmulas y métodos que permiten cuantificar el transporte de fondo y son:

- Granulometría del material del fondo.
- Sección transversal del cauce.
- Elevación del agua o gasto líquido, para los cuales se desea conocer el transporte.
- Pendiente hidráulica media a lo largo del cauce.
- Temperatura del agua.

Con los datos anteriores es necesario calcular primero, algunos de los siguientes valores:

- Velocidad media de la corriente.
- Velocidad media crítica para el tirante dado
- Velocidad de caída de algunos diámetros representativos
- Rugosidad total del cauce y la debida a las partículas.

3.2.4.4.2. Método de Meyer – Peter y Müller

Sirve tanto para materiales de cualquier peso específico, como para muestras de material uniforme o granulometría extendida.

La expresión propuesta establece que:

$$g_{BT} = 8 * \gamma_s * g^{1/2} * D_m^{3/2} \frac{n^{3/2}}{n} * \tau_* Z 0.047 \quad \text{Formula 22}$$

Dónde:

g_{BT}: Transporte de fondo, en Kg. /seg – m.

γ_s: Peso específico del suelo, en Kg. /m³

g: Gravedad, en m² /seg

n: rugosidad total del cauce. Se obtiene de la fórmula de Manning.

n': rugosidad debida a las partículas. Se obtiene de la formula de Meyer – Peter y Müller en s/m^{1/3}

$$n' = \frac{f D_{90} A^{1/6}}{26} ; \quad D_{90} \text{ debe estar m.} \quad \text{Formula 23}$$

D_m: Diámetro medio, en m

$$D_m = \frac{1}{100} \sum \zeta P_i * D_i \quad \text{Formula 24}$$

P_i: Valor de cada porcentaje de cada intervalo en que se divide la curva granulométrica.

D_i: Diámetro correspondiente a cada intervalo en que se divide la curva granulométrica.

$$\zeta = \frac{\gamma_s * Z * \gamma_{H_2O}}{\gamma_{H_2O}} \quad \text{Formula 25}$$

$$\tau_* = \frac{R_H * S}{\zeta * D_{50}} \quad \text{Formula 26}$$

Dónde:

τ_{*}: Esfuerzo cortante en Kg./m²

R_H: Radio hidráulico, en m.

En un río o cauce, el lecho donde circula el caudal provocado por las precipitaciones, está formada por partículas de diferentes tamaños las cuales poseen características hidráulicas. Una de ellas es la de resistir la intensidad de la

corriente, ya que, esta puede dar inicio al movimiento o arrastre de partículas. Dicho efecto se conoce como erosión. El conocimiento de la condición crítica de arrastre de una corriente es de gran importancia para diseñar canales que no sufra de erosión o bien conocer bajo qué condiciones se mueve las partículas para provocar su arrastre.

El inicio del movimiento se puede referir al esfuerzo cortante máximo o crítico que una corriente cause en el fondo. Existen numerosos criterios para valuar este esfuerzo en el fondo. Se utilizará el criterio (fórmula) de Meyer – Peter y Müller para conocer el esfuerzo cortante crítico cuando el arrastre del fondo es cero.

$$\tau_c = 0.047 \gamma_s Z \Delta^* D_{50} \quad \text{Formula 27}$$

Dónde:

τ_c = esfuerzo cortante crítico, en Kg/m²

γ_s = peso específico del suelo, en Kg/m³

γ = peso específico del agua, en Kg/m³

3.2.2.4.3. Método de Engelund

La fórmula de Engelund propuesta para cauces arenosos es:

$$g_{BT} = \frac{0.04 \gamma_s R_H^3 S^{3/2} V^2}{g^{1/2} \zeta^2 D_{35}} \quad \text{Formula 28}$$

La fórmula presupone el conocimiento de la velocidad media V, en la sección donde el transporte se desea valuar. La ecuación de Engelund se puede aplicar siempre y cuando $0.15 < D_{50} < 2$ mm. Además, se debe cumplir que el número de Reynolds de esa partícula asociada a la velocidad al cortante sea igual o mayor que 12, es decir:

$$Re = \frac{V * D}{\epsilon} \geq 12 \quad \text{Formula 29}$$

3.3 Sistemas de drenaje pluvial³

Es el sistema que facilita el traslado del agua de lluvia para que ésta pueda ser aprovechada. Este drenaje permite, por otra parte, que las ciudades no se inundan, dando mayores estándares de vida a las personas beneficiadas directa e indirectamente esto conlleva a que se siga invirtiendo más en el mejoramiento de mucha zona de riesgo en nuestra capital Managua.

3.3.1 Descripción e importancia del alcantarillado pluvial

El alcantarillado, tiene como su principal función la conducción de aguas residuales y pluviales hasta sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes. Un sistema de alcantarillado está constituido por una red de conductos e instalaciones complementarias que permiten la operación, mantenimiento y reparación del mismo.

Su objetivo es la evacuación de las aguas pluviales que escurren sobre calles y avenidas, evitando con ello su acumulación. De ese modo se impide la generación y propagación de enfermedades relacionadas con aguas contaminadas. Tanto así que el buen manejo del recurso llamado agua nos permite solucionar problemas los cuales son causados por la mala orientación de las aguas, algunas veces estas aguas son trasladadas a zonas agrícolas donde son utilizadas en el proceso de regado y tratamiento para un sinnúmero de cultivos ya sea ornamentales como de granos.

3.3.2 Tipos de Sistemas de Alcantarillado Pluvial

Es el conjunto de obras e instalaciones destinadas a descargar las aguas generadas por las precipitaciones, que fluyen superficial y/o subterráneamente en un área determinada. Para descargar las aguas lluvias debe de buscarse la trayectoria más corta hacia los canales superficiales existentes, sean naturales o

³ Diseño del sistema de drenaje pluvial en la cuenca sur de la ciudad de Ocotol
María José Alfaro. Denis Uriel Castellón Aguirre.

artificiales. Los factores determinantes de la capacidad de los elementos de drenaje de aguas lluvias son:

- La intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones.
- Topografía del terreno.
- Tamaño de las áreas tributarias y las características del escurrimiento.
- Economía en el diseño

3.3.2.1 Alcantarillado Pluvial Particular

A este alcantarillado se considera como la red de instalaciones pluviales que se encuentran dentro de un predio, finca o edificio que capta y conduce los escurrimientos pluviales que se generan dentro del mismo, hasta disponerles en un sistema de infiltración y/o a otro cauce o tubería dentro de los límites de la propiedad dando como resultado un exitoso escurrimiento de las aguas encausadas de manera eficaz y segura.

3.3.2.2 Alcantarillado Pluvial General Particular

Este alcantarillado, es la red que capta y conduce los escurrimientos de aguas pluviales que ocurren dentro de las áreas comunes de los conjuntos habitacionales, centros comerciales, fraccionamientos privados, etc., hasta disponerlos en un sistema de infiltración y/u otro cauce o tubería dentro de los límites de la propiedad estos tienen que ser precisos y eficaces porque son dentro de establecimientos privados de atención al cliente.

3.3.2.3 Alcantarillado Pluvial Municipal

Es el sistema o red que capta y conduce las aguas pluviales que ocurren en su gran mayoría sobre las vialidades, de la zona metropolitana disponiéndolas en sistemas de infiltración y/o hasta las diferentes descargas sobre los cuerpos de agua naturales existentes provocando con esto que los afluentes naturales se desborden trayendo daños en algunos casos por la mala orientación de las mismas.

3.3.3 Conveniencia de los sistemas de alcantarillado separados

Los sistemas de alcantarillado, separados o combinados, tienen ventajas y desventajas. Debido al deterioro ocasionado al medio ambiente y por los procesos de tratamiento, es conveniente la construcción de sistemas separados. Los sistemas combinados tienen como ventajas el captar tanto las aguas residuales, como las pluviales, con lo cual el diseño, construcción y operación es más económico. En este aspecto, los sistemas separados implican mayores inversiones y pueden resultar menos atractivos especialmente cuando una población contará por primera vez con un sistema de alcantarillado.

Por otra parte, los problemas ocasionados por la contaminación han obligado a las comunidades a enfrentarlos, tratando de disminuir los riesgos ambientales y de salud. Por consiguiente, para cuidar el ambiente es necesario contar con plantas de tratamiento que resultan más económicas por unidad de volumen. Aquí surge la conveniencia de los sistemas separados, pues los volúmenes de aguas pluviales son muy superiores a los de aguas residuales, en proporción de 50 a 200 veces o más. Así, una planta de tratamiento es más económica si solo se encarga de tratar aguas residuales.

Un factor a favor de los sistemas de alcantarillado separados se debe a la mayor demanda de agua en las poblaciones, producto de su crecimiento, y a la escasez de la misma cerca de ellas. Esto ha llevado a las comunidades a tomar medidas integrales para que los habitantes dispongan del agua indispensable para cubrir sus necesidades y desempeñen sus actividades.

Tales medidas abarcan desde un mayor abastecimiento hasta un uso racional del agua, y en este aspecto se desarrollan acciones encaminadas al reúso del agua potable y del agua de lluvia en muchos municipios y en especial Managua hay muchos casos de racionalización del agua limita mucho la eficiencia de estos sistemas antes mencionados.

3.3.4 Reúso del agua proveniente del alcantarillado pluvial

El uso racional del agua implica emplearla eficientemente en las diversas actividades del hombre, disminuir su desperdicio y contaminación. Al respecto se orienta lo que en México se ha denominado la cultura del agua. La base de todo esto consiste en fomentar en la población, industria y autoridades la conciencia de que el agua es limitada en su disponibilidad, ya sea por la cantidad o por la calidad que se requiere. Por ello, debe usarse adicionalmente este recurso, conservando las fuentes y evitando su deterioro.

Para cuidar el agua se pueden emprender diversas acciones, entre las que se encuentran el empleo de agua tratada en usos que se han dado con agua potable, pero admiten una calidad de agua como la que se obtiene con el tratamiento (por ejemplo, en el enfriamiento de maquinarias industriales) y el reúso del agua. Se le llama aguas tratadas a aquellas provenientes del alcantarillado (sanitario, pluvial o combinado), que son procesadas en una planta para mejorar su calidad que puede ser “no potable”; pero que, permite la utilización de ella en industrias, riego de jardines, cultivos, y para fines estéticos en fuentes, lagos, etc.

El agua de lluvia puede ser utilizada, con un tratamiento ligero o incluso sin tratamiento, cuando se cuenta con las estructuras necesarias de conducción y almacenamiento sin alterar lo más mínimo su calidad. El empleo del agua pluvial puede ser muy provechoso en las poblaciones, sin embargo, requiere de obras y el establecimiento de normas adicionales de operación.

Es importante que el profesional encargado de diseñar los sistemas de alcantarillado modernos considere en sus proyectos el empleo del agua de lluvia residual tratada. Un aspecto importante, que no se puede pasar por alto, se refiere a la recarga artificial de acuíferos. Lo cual es fundamental en los lugares donde la escasez del líquido ha provocado la sobreexplotación de los mantos acuíferos, lo que está agotando la fuente subterránea, deteriorando la calidad de agua o produciendo hundimientos del terreno.

3.3.5 Componentes del alcantarillado pluvial

Los componentes principales de un sistema de alcantarillado se agrupan según la función para la cual son empleados. Así, un sistema de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado, se integra de las partes siguientes:

3.3.5.1 Estructuras de captación

Recolectan las aguas a transportar. En el caso de los sistemas de alcantarillado sanitarios, se refieren a las conexiones domiciliarias formadas por tuberías conocidas como albañales. En los sistemas de alcantarillado pluvial se utilizan sumideros o bocas de tormenta como estructuras de captación, aunque también pueden existir conexiones domiciliarias donde se vierta el agua de lluvia que cae en techos y patios.

En los sumideros (ubicados convenientemente en puntos bajos del terreno y a cierta distancia en las calles) se coloca una rejilla o coladera para evitar el ingreso de objetos que obstruyan los conductos, por lo que son conocidas como coladeras pluviales.

3.3.5.2 Estructuras de conducción

Transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia el sitio de tratamiento o vertido. Representan la parte medular de un sistema de alcantarillado y se forman con conductos cerrados y abiertos conocidos como tuberías y canales, respectivamente.

3.3.5.3 Tragantes y rejillas

Los tragantes pueden clasificarse en laterales, horizontales de rejilla y mixtos, lo que dependerá de las características de operación del mismo. Los laterales tienen la boca de entrada paralela a la dirección de flujo. Las aberturas de entrada en la rasante son efectivas en la admisión de flujos que conducen basuras flotantes.

Su capacidad interceptora disminuye a medida que la pendiente de la cuneta de aproximación aumenta, siendo conveniente emplearlos en la intercepción de escurrimientos por cauces de pendientes menores de 3%.

Para los tragantes horizontales con rejilla, la admisión se verifica por una abertura horizontal practicada en el fondo de la cuneta, provista de rejillas. Su desventaja es que las rejillas se obstruyan con hojas o basuras arrastradas por las corrientes.

No se recomienda el uso de tragantes horizontales en los siguientes casos:

- Aceras destinadas al tránsito de peatones
- Aceras frecuentadas por ciclistas

Los tragantes mixtos están provistos de entrada lateral y rejilla horizontal, tienen gran capacidad, reuniendo las ventajas de ambos tipos.

3.3.5.4 Estructuras de conexión y mantenimiento

Facilitan la conexión y mantenimiento de los conductos que forman la red de alcantarillado; pueden ir de diámetro o material. También disponen del espacio suficiente para que un hombre baje hasta el nivel de las tuberías y maniobre para llevar a cabo la limpieza e inspección de los conductos. Tales estructuras son conocidas como pozos de visita los cuales nos indican los nodos y las direcciones de pendiente que debemos seguir.

3.3.5.5 Estructuras de vertido

Son estructuras terminales que protegen y mantienen libre de obstáculos la descarga final del sistema de alcantarillado, pues evitan posibles daños al último tramo de tubería que pueden ser causados por la corriente a donde descarga el sistema o por el propio flujo de salida de la tubería.

3.3.5.6 Instalaciones complementarias

Se considera dentro de este grupo a todas aquellas instalaciones que no necesariamente forman parte de todos los sistemas de alcantarillado, pero que en ciertos casos resultan importantes para su correcto funcionamiento. Entre ellas se tiene a las plantas de bombeo, plantas de tratamiento, estructuras de cruce, vasos de regulación y de detención, disipadores de energía, etc.

3.3.5.7 Disposición final

La disposición final de las aguas captadas por un sistema de alcantarillado no es una estructura que forme parte del mismo; sin embargo, representa una parte fundamental del proyecto de alcantarillado. Su importancia radica en que si no se define con anterioridad a la construcción del proyecto el destino de las aguas residuales o pluviales, entonces se pueden provocar graves daños al medio ambiente e incluso a la población beneficiada u aquella que se encuentra cerca de la zona de vertido.

3.4 Conceptos del estudio hidrológico

3.4.1 Cuenca Hidrológica

Es la zona del territorio en la que el agua, los sedimentos y los materiales disueltos drenan hacia un punto en común. Las cuencas están delimitadas por una línea imaginaria llamada parte aguas, que es el lugar geométrico de todos los puntos de mayor nivel topográfico que divide el escurrimiento entre cuencas adyacentes.

3.4.2 Conceptos de Cuenca

3.4.2.1 Área de la cuenca

Es la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parte aguas. En este tipo de estudios se define el área de proyecto de una cuenca de acuerdo con su divisoria topográfica. Para la estimación de las áreas de drenaje del proyecto, se

utilizaran Mapas Geodésicos de la zona en estudio a escala 1:50,000 elaborados por INETER.

Este mapa se digitalizaron y se procesaron con ayuda del programa CivilCad® 2015, de tal manera que será necesario realizar un trazo del parte aguas con métodos computarizados que facilitaron la obtención del área de drenaje de la cuenca y de datos adicionales tales como: perímetro de la cuenca, longitudes de cauces principales, longitud axial de la cuenca, longitud total de corrientes, etc.

El trazo del parte aguas se realizara siguiendo un conjunto de normas generales que mencionamos a continuación:

- a). La línea divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel.
- b). Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa.
- c). Cuando la altitud va disminuyendo, la divisoria corta a las curvas de nivel por su parte cóncava.
- d). Si cortamos el terreno por el plano normal a la divisoria, el punto de intersección en ésta, ha de ser el punto de mayor altitud del terreno.
- e). Como comprobación, la línea divisoria nunca debe cortar a un río, arroyo o vaguada, excepto en el punto del que queremos obtener su divisoria.

En este proyecto, el área de drenaje aproximadamente correspondiente al sector es de 150 hectáreas.

3.4.2.2 Longitud total de la cuenca

La longitud se mide tomando en cuenta el cauce principal, que generalmente es de mayor recorrido partiendo del punto más remoto hasta el punto de control el cual lo establecen por medio de las estaciones que cubren el área de estudio.

3.4.2.3 Altura mínima de la cuenca

Es la elevación del punto de control o cierre de la sub o micro cuenca.

3.4.2.4 Altura máxima de la cuenca

Es la elevación máxima de recolección de agua, de la sub o micro cuenca.

3.4.2.5 Tiempo de concentración

Es el tiempo que tarda el agua que se recolecta desde los puntos más alejados hasta el punto de cierre de una cuenca, el tiempo de concentración mide el tiempo que se necesita para que toda la cuenca contribuya con la escorrentía superficial en una sección considerada, se mide en minutos u horas.

3.4.3 Selección de la estación meteorológica

La selección depende de la cercanía con el proyecto y las condiciones topográficas de su área de influencia así estará en dependencia de la información y la antigüedad de la misma para fortalecer nuestro estudio.

3.4.4 Período de retorno

El diseño de un sistema de drenaje de aguas de lluvia es un tema relativamente complejo, puesto que depende del grado de seguridad que requerirá el barrio ante las inundaciones, para el período de retorno de diseño se recurre a la bibliografía de otros países adoptando criterios similares.

Es necesario el estudio de las precipitaciones máximas, tanto para el estudio de la erosión, como para el cálculo del diseño de estructuras de conservación de suelos.

En general, las frecuencias utilizadas varían entre 3 años, como mínimo, hasta valores del orden de 100 años. La escogencia de un valor dependerá de varios criterios tales como importancia relativa de la zona y el área que está drenando. De esta manera, se indican algunos valores que pueden ser utilizados como guías para esta determinación en los tramos o tuberías del alcantarillado:

Tabla No. 2
Frecuencia de diseño en función del tipo de zona.⁴

Descripción de la zona	Frecuencia (años)
Zona residencial	3 – 10
Zona comercial e industrial	10 – 50
Colectores principales	10 – 100

Tabla No. 3
Frecuencia de diseño según el área drenada.⁵

Descripción de la zona	Frecuencia (años)
Menor de 3 Ha	3
Entre 3 y 10 Ha	5
Mayor de 10 Ha	10

El período de retorno será mayor cuando mayor sea la importancia y la persecución social, ecológica y económica de la obra, así la necesidad de disponer de amplios períodos de retorno contrasta con la disponibilidad de series de datos climatológicos, por lo que se debe recurrir a estimaciones estadísticas.

3.4.5 Intensidad de precipitación

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad. Se obtiene por la lectura directa de las curvas (IDF) de la estación meteorológica o por la aplicación de su respectiva ecuación definida para el período de retorno seleccionado para el diseño o propuesta al estudio planteado dicha curva nos ara sabes la intensidad y el tiempo para nuestro diseño .

3.4.6 Coeficiente de escorrentía

Es la relación entre la escorrentía y la precipitación, ambas expresadas en altura de agua, se lee de tabla previamente preparada y publicada con base en investigaciones realizadas, en función del tipo de suelo, uso de suelo y pendiente

⁴ Diseño de acueductos y alcantarillados. Ricardo López Cualla. 2da edición. Alfaomega 1999. Pág. 312

⁵ Diseño de acueductos y alcantarillados. Ricardo López Cualla. 2da edición. Alfaomega 1999. Pág. 313

de terreno. No toda el agua lluvia precipitada llega al sistema del alcantarillado; parte se pierde por factores tales como evaporación, intercepción vegetal, detención superficial en cunetas, zanjas o depresiones, y por infiltración. De todos los factores anteriores, el de mayor importancia es el de infiltración, el cual es función de la impermeabilidad del terreno y es por esto que en algunos casos se le llama coeficiente de impermeabilidad.

La determinación absoluta de este coeficiente es muy difícil ya que existen hechos que pueden hacer que su valor varíe con el tiempo. Por una parte, las pérdidas por infiltración disminuyen con la duración de la lluvia debido a la saturación paulatina de la superficie del suelo y, por otra parte, la infiltración puede ser modificada de manera importante por la intervención del hombre en el desarrollo de la ciudad, por acciones tales como la tala de árboles y la construcción de nuevos sectores residenciales y comerciales. Normalmente las manzanas o los sectores no están constituidos por un valor único del coeficiente de escorrentía y por lo tanto es necesario hacer un promedio ponderado teniendo en cuenta el porcentaje de área cubierto por cada tipo de superficie que se esté drenando

3.5 Conceptos del estudio hidráulico

El estudio hidráulico tiene como objetivo definir las dimensiones de las obras hidráulicas como: vados, canales, alcantarillas, puentes, tragantes, etc. De manera que tengan la capacidad hidráulica suficiente para evacuar la crecida del período de retorno, para el cual fueron diseñadas, si el caudal llegara a sobrepasar la capacidad de las obras hidráulicas, estas logren resistir el cruce de agua sobre ellas y funcionen correctamente, sin que estas sufrieran daño alguno en su estructura.

Las estructura hidráulicas son las obras de ingeniería necesarias para lograr el aprovechamiento de los recursos hídricos y controlar su acción destructiva. Trabajan en la mayoría de los casos en combinación con elementos y equipos mecánicos. Se construyen en beneficio del hombre y el desarrollo de la humanidad.

La eficiencia del funcionamiento hidráulico de una red de alcantarillado para conducir aguas residuales, pluviales y/o ambas, depende de sus características físicas.

Mediante el empleo de algunos de los principios de la hidráulica, se analizan y dimensionan desde estructuras sencillas tales como bocas de tormenta hasta otras más complicadas como son las redes de tuberías y de canales. Los conceptos básicos de hidráulica, útiles para el diseño y revisión de una red de alcantarillado abarcan entre otros a lo siguiente: tipos de flujo, ecuaciones fundamentales de conservación de masa (o de continuidad), cantidad de movimiento y energía, conceptos de energía específica, pérdidas de carga por fricción y locales, perfiles hidráulicos, salto hidráulico, estructuras hidráulicas especiales y métodos de tránsito de avenidas.

3.5.1 Variables hidráulicas de interés

Se entiende por variables hidráulicas de interés a aquellas características del flujo cuya determinación es básica para fines de diseño y de funcionamiento hidráulico. En su manejo se utilizará el Sistema Internacional de Unidades donde se considera a la masa como unidad básica y por consiguiente, la fuerza es unidad derivada.

3.5.2 Consideraciones hidráulicas

El escurrimiento a través de una alcantarilla generalmente queda regulado por los siguientes factores:

- Pendiente del lecho de la corriente agua arriba y aguas abajo del lugar.
- Pendiente del fondo de la alcantarilla.
- Altura de ahogamiento permitido a la entrada.
- Tipo de entrada.
- Rugosidad de las paredes de la alcantarilla.
- Altura del remanso de salida.

Todos los factores se combinan para determinar las características del flujo a través de la alcantarilla. El estudio de los tipos de flujo a través de las alcantarillas ha permitido establecer las relaciones existentes entre la altura de agua a la entrada del conducto, el caudal y las dimensiones de la alcantarilla.

Para el diseño de una alcantarilla se deberá fijar:

- El caudal de diseño.
- La altura de agua permisible a la entrada.
- La altura de agua a la salida.
- La pendiente con la que se colocará el conducto.
- Su longitud.
- El tipo de entrada.
- Longitud y tipo de transiciones.
- La velocidad del flujo permisible a la salida.

3.6 Análisis y comportamiento de los suelos en el sitio

3.6.1 Naturaleza de los suelos

El suelo es un material térmico no homogéneo y poroso cuyas propiedades son influenciadas por los cambios de humedad y densidad. Las partículas individuales de los suelos pueden ser de dos tipos:

- Partículas Granulares: Son conjuntos de cristales minerales del cuarzo y feldespatos principalmente; se las puede observar y presentan formas redondeadas y angulares.
- Partículas Arcillosas: Son partículas laminares minúsculas que se las puede ver a través de un microscopio.

3.6.2 Clasificación de los suelos

Es el ordenamiento de los diferentes suelos en grupos que tienen propiedades semejantes, el propósito es facilitar las actitudes de un suelo por comparación con otros de la misma clase cuyas propiedades se conocen.

Existen varios sistemas de clasificación de los cuales los más utilizados son:

- Sistema de clasificación de los suelos según AASHTO.
- Sistema de clasificación de los suelos según SUCS.

Ambos métodos se basan en la determinación de la composición granulométrica del suelo y de los límites de Atterberg de la fracción fina de los mismos. Por lo general la clasificación de suelos según la AASHTO se utiliza en vías, y la clasificación de suelos según SUCS se utiliza para cimentaciones.

3.6.2.1 Clasificación de los suelos según AASHTO

Esta clasificación se basa en los resultados obtenidos como el límite líquido, índice de plasticidad y material que pasa el tamiz No. 10, 40 y 200. De acuerdo con este sistema los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8. Los suelos inorgánicos se clasifican en siete grupos que van del A-1 al A-7 y los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8.

3.6.2.1 Suelos granulares

Son aquellos que tienen el 35% o menos, del material fino que pasa por el tamiz N° 200, estos suelos forman los grupos A-1, A-2, A-3.

- Grupo A-1: Son mezclas de suelos bien gradados, de fragmentos de piedra, grava, arena y material ligante poco plástico. Se incluyen también en este grupo mezclas bien gradadas que no tienen material ligante.
- Subgrupo A-1a: Son materiales formados por roca o grava, con o sin material ligante.
- Subgrupo A-1b: Son materiales formados por arena gruesa bien gradada, con o sin ligante.

- Grupo A-2: Comprende una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% del material fino, y que no pueden ser clasificados como A-1 y A-3. El grupo A-2 se subdividen en A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7.
- Grupo A-3: En este grupo se encuentran incluidas las arenas finas de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tengan plasticidad.

3.6.2.1 Suelos finos

Son suelos limo-arcillosos que tienen más del 35% que pasa el tamiz N° 200. A este tipo de suelos les corresponde los grupos A-4, A-5, A-6, A-7.

- Grupo A-4: Son suelos limosos poco o nada plásticos, que tiene un 75% o más del material fino que pasa el tamiz N° 200. Además se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena en un 64%.
- Grupo A-5: Son suelos semejantes al grupo A-4, son elásticos y tienen un límite líquido elevado.
- Grupo A-6: A este grupo pertenecen las arcillas plásticas. Por lo menos el 75% de estos suelos deben pasar el tamiz N° 200, pero se incluyen también las mezclas arcillo - arenosas, cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%.
- Grupo A-7: Los suelos de este grupo son semejantes a los suelos A-6, pero son elásticos. Sus límites líquidos son elevados, y se subdividen en A-7-5 y A-7-6.

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5, es igual o menor a LL-30, y el índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es mayor que LL-30. La evaluación de los suelos dentro de cada grupo se hace por medio del índice de grupo.

3.6.2.2 Clasificación unificada de suelos (SUCS)

Es un sistema concebido para permitir la identificación de los suelos en el terreno, los agrupa de acuerdo a su comportamiento como material para construcción en función de sus propiedades de granulometría y plasticidad.

El primer paso para clasificar el suelo consiste en identificar si es altamente orgánico o no. De serlo, se anota las principales características como: textura, olor, etc., y se identifica simplemente como turba (Pt); y, si no lo es, se continúa el proceso con ayuda de pruebas de laboratorio, indicando si el suelo es grueso o fino.

3.6.2.2 Suelos gruesos

Son aquellos suelos que más del 50% de las partículas son retenidas en el tamiz N° 200. Un suelo grueso será grava, si la mayor parte de la fracción gruesa queda retenida en el tamiz N° 4 y se considera como arena en el caso contrario.

3.6.2.2 Suelos finos

Son aquellos suelos que más del 50% de las partículas pasan el tamiz N° 200.

El sistema unificado utiliza símbolos para identificar los suelos y determinar su comportamiento como material de construcción. Las letras que se emplean para distinguir los suelos son: 1. G - grava 2. S - arena 3. M - limo 4. W - bien gradada 5.P - pobremente gradada 6.C - arcilla 7.O - limos y arcillas orgánicas 8.L - baja y media plasticidad 9.H - alta plasticidad 10.Pt - turbas o fangos.

Las combinaciones de las letras antes mencionadas son las que permiten la clasificación del suelo. Por ejemplo SW designa una arena bien graduada.

3.7 Diagnóstico de impacto ambiental

El término de impacto ambiental de hoy tiene diferentes sentidos. Por este término se designan diferentes metodologías, procedimientos o herramientas, que emplean por agentes públicos o privados en el campo de la planificación y gestión ambiental.

Se emplea para describir los impactos que pueden provenir de una determinada instalación a ser implantada, así como designar los estudios de los impactos, que

ocurrieron o están ocurriendo como consecuencia de un determinado emprendimiento o un conjunto de acciones humanas.

Cuando se hacen planes para un nuevo proyecto o desarrollo que podría afectar la calidad del ambiente, se puede llevar a cabo una evaluación del impacto ambiental. El proceso de EIA (Evaluación de Impacto Ambiental) incluye calidad de aire, calidad del agua, eliminación de residuos sólidos, factores biológicos y ecológicos, factores socio-económicos.

3.7.1 Elementos en el proceso de evaluación de impacto ambiental

Con la finalidad de considerar los impactos ambientales como un criterio de decisión acerca de las obras o actividades que pueden acarrear una significativa degradación de la calidad ambiental, es necesario realizar una serie de actividades consecutivas, concatenadas de manera lógica.

A ese conjunto de procedimientos, se le da el nombre de proceso de evaluación de impacto ambiental. En general, este proceso es objeto de reglamentación, que define en detalle los procedimientos a ser seguidos.

La reglamentación puede establecer criterios y procedimientos sobre tipos de actividades sujetos a la elaboración previa de un estudio de impacto ambiental, el contenido mínimo de este estudio y las modalidades de consulta pública entre otros asuntos.

Si bien en las diferentes jurisdicciones se establecen tales procedimientos de acuerdo con sus particularidades y legislación vigente, cualquier sistema de evaluación de impacto ambiental debe, obligatoriamente tener un cierto número mínimo de componentes, que definen como serán ejecutadas ciertas tareas obligatorias.

Se le puede dividir en tres etapas, cada una de las cuales agrupa diferentes actividades:

1. La etapa inicial.
2. La etapa de análisis detallado.
3. Etapa post-aprobación. En caso de que la decisión fuera favorable a la implantación de la obra.

Las etapas iniciales tienen como función determinar si es necesario evaluar de manera detallada los impactos ambientales de una futura acción y, en caso afirmativo, definir el alcance y la profundidad de los estudios necesarios.

La etapa de análisis detallada es aplicada en casos de actividades que tengan el potencial de causar impactos significativos. Está compuesta por una serie de actividades que van desde la definición del contenido del estudio de impacto ambiental hasta su eventual aprobación. A través del proceso de toma de decisiones propia de cada jurisdicción.

Finalmente, en caso de que la obra sea implantada, la evaluación de impacto ambiental continúa, a través de la aplicación de medidas de gestión preconizadas en el estudio de impacto ambiental mediante el monitoreo de los impactos reales causados por la actividad, no más, en consecuencias, como ejercicio de previsión de las consecuencias futuras, sino a través de la comparación entre la situación posterior a la implantación de la obra y la situación anterior.

3.7.2 Principales etapas del proceso de evaluación de impacto ambiental.

3.7.2.1 Selección de acciones

Se trata de seleccionar, entre las innumerables acciones humanas, aquellas que tienen el potencial de causar alteraciones ambientales significativas.

3.7.2.2 Determinación del alcance

En los casos en que se establece que es necesaria la realización de la EIA, es preciso, antes de iniciarlo, establecer su alcance, o sea, a amplitud y profundidad de los estudios que se llevarán a cabo. Aunque el contenido genérico de un EIA sea definido de antemano por la propia reglamentación, tales normas son generales, aplicándose en todos los estudios; no pueden ser normas específicas ni normas aplicable a un caso particular ya que la reglamentación debe prever todas las situaciones posibles.

En función de los impactos de cada obra se debe definir un plan de trabajo ara la realización de estudios que mostrarán cómo se van a manifestar esos impactos, su magnitud o intensidad y los medios disponibles para mitigarlos.

Esta etapa concluye, normalmente, con la preparación de un documento que establece las directrices de los estudios que serán ejecutadas. Este documento es conocido como términos de referencia o instrucciones técnicas.

3.7.2.3 Elaboración de los estudios de impacto ambiental

Esta es la actividad central del proceso de evaluación de impacto ambiental, la que, normalmente, consume más tiempo y recursos, y establece las bases para el análisis de la viabilidad ambiental del emprendimiento.

Análisis técnico del estudio de impacto ambiental: Los estudios deben ser analizados por una tercera parte, normalmente, el equipo técnico del órgano gubernamental encargado de autorizar la obra, o el equipo de la institución financiera a la cual le fue solicitado el préstamo para ejecutar el proyecto. Se verifica su adecuación a los términos de referencia y a la reglamentación o procedimientos aplicables.

El análisis no es hecho sólo por el equipo multidisciplinario sino que puede ser interinstitucional, o sea, se pueden consultar órganos especializados de la administración. Normalmente, los analistas se preocupan más con los aspectos

técnicos de los estudios, como la adecuación del diagnóstico del impacto ambiental, los métodos utilizados para la previsión de la magnitud de los impactos y la adecuación de las medidas de mitigación propuestas.

3.7.2.4 Consulta pública

Hay diferentes procedimientos de consulta, de los cuales, la audiencia pública es uno de los más conocidos. Hay también diferentes momentos en el proceso de EIA en las que se puede proceder a la consulta, tales como: la preparación de los términos de referencia o la etapa que lleva a la decisión de la necesidad de realizar un estudio de impacto ambiental o incluso durante la realización de dicho estudio.

3.7.2.5 Decisión

Los modelos de toma de decisión en el proceso de EIA son muy variados y están más ligados a la traición política de cada jurisdicción. En líneas generales, la decisión final puede caer a:

- 1) La autoridad ambiental.
- 2) La autoridad del área a la cual se subordina el emprendimiento.
- 3) El gobierno (a través de un consejo de ministros o de un jefe de gobierno).

3.7.2.6 Seguimiento monitoreo

Enseguida de una decisión positiva, la implantación del emprendimiento deberá acompañarse de la implementación de todas las medidas dirigidas a reducir, eliminar o compensar los impactos negativos o potenciar los positivos. Se deberá vigilar durante la fase de funcionamiento, desactivación o cierre. La aplicación del programa de monitoreo debe permitir confirmar o no los pronósticos que se hicieron en el estudio de impacto ambiental.

3.7.2.7 Documentos

La complejidad del proceso de EIA y sus múltiples actividades vuelvan necesarias la preparación de un gran número de documentos. En la tabla No. 4 se muestra una visión de conjunto de la documentación. Los nombres precisos dados a cada documento dependerán de la reglamentación en vigor en cada jurisdicción.

Tabla No. 4
Principales documentos técnicos en etapas del proceso de evaluación de impacto ambiental

Documentos de entrada	Etapas	Documentos resultantes
Memoria de descripción del proyecto	Selección de acciones	Parecer técnico sobre el nivel evaluación ambiental necesaria
Evaluación ambiental inicial	Evaluación inicial	
Publicación periódico anunciando la intención de realizar determinada iniciativa.	Consulta pública	
Plan de trabajo	Determinación de la profundidad del EIA	Términos de referencia
Términos de referencia	Elaboración del EIA	EIA y resumen técnico
EIA	Análisis técnico del EIA	Parecer técnico
EIA y resumen	Consulta pública	Informe de consulta pública
Publicación en periódicos	Consulta pública	
EIA, resumen y pareceres técnicos	Decisión	Licencia previa
Planes de gestión	Decisión	Licencia de instalación
Informes de implementación del plan de gestión	Construcción	Licencia de operación
Varios documentos	Operación	Informe de monitoreo y desempeño ambiental
Plan de cierre	Desactivación	Licencia de cierre

3.7.3 Diseño de una evaluación de impacto ambiental

La siguiente lista es una práctica de preguntas que es recomendable tomar en cuenta en el diseño de una EIA.

3.7.3.1 Diseño y construcción del proyecto

- ¿Qué tipo de proyecto se está considerando?
- ¿Cuántas son las dimensiones físicas del área sujeta a consideración?
- ¿Cuánto tiempo se necesitará para poner en práctica el proyecto?
- ¿Se comprometen terrenos de forma irrecuperable?
- ¿Es el proyecto una fase crítica de un desarrollo mayor?
- ¿Cuáles son los planes a largo plazo de quien propone?
- ¿El proyecto aprovecha en forma óptima a los trabajadores locales, los recursos renovables y otros beneficios?
- ¿Habrá trastornos ambientales de consideración durante la construcción?

3.7.3.2 Operaciones del proyecto

- ¿Cómo se manejarán los residuos peligrosos y los productos de desecho?
- ¿Qué se ha previsto respecto a la capacitación de los empleados en el campo de la protección ambiental?
- ¿Qué planes de contingencia se han elaborado para hacer frente a los accidentes?
- ¿Qué planes se han hecho para la vigilancia ambiental?
- ¿Se revisará con regularidad el equipo de seguridad?

3.7.3.3 Características del lugar

- ¿Es complejo el terreno y crea dificultades para pronosticar la calidad de las aguas subterráneas, las características del suelo y el transporte de la contaminación del aire?
- ¿Es probable que el lugar sea particularmente susceptible a desastres naturales (por ejemplo inundaciones o terremotos)?
- ¿Obligará el proyecto a muchas personas a mudarse a otro lugar?
- ¿Se pondrán en peligro sitios históricos o vías públicas tradicionales?
- ¿Interferirá el proyecto con la migración de poblaciones de animales o peces importantes?

¿Cuáles son los atributos importantes de la flora y la fauna locales? ⁶

¿Sugieren la siguiente lista de atributos: contenido proteínico o energético, condición de maleza o plaga, domesticidad, calidad de carnívoro, rareza de la especie.

¿Es inadecuado el ambiente local para que el proyecto constituya un éxito total?

3.7.3.4 Marco institucional y político

¿Cuáles son las reglas y procedimientos gubernamentales e intergubernamentales pertinente?

¿Cuáles son los factores políticos que se deben tomar en cuenta?

¿Están claramente identificados los participantes en el proceso de EIA?

¿Qué dificultades para la puesta en práctica cabe esperar durante la construcción y operación del proyecto?

3.7.3.5 Posibles impactos

Para esta clase de proyecto, ¿cuáles son los posibles efectos en el ambiente?

¿Durante la construcción? ¿Después de ella? ¿A largo plazo? ¿A quiénes afectarán estos impactos?

3.7.3.6 Análisis socio - económico

¿Quién gana y quién pierde con el proyecto?

¿Cuáles son las compensaciones?

¿Reducirá el proyecto las desigualdades entre grupos ocupacionales, étnicos, de género y de edad?

¿Se combinará el proyecto con (o realizará) los elementos o patrones valiosos de la cultura local, nacional o regional?

⁶ Conway y O'Connell (1978)

3.7.3.7 Alternativas

¿Se podría modificar la propuesta del proyecto para reducir los efectos ambientales?

¿Es posible una alternativa (por ejemplo, el mismo proyecto en otro lugar, o un proyecto diferente en el mismo sitio)?

3.7.3.8 Disponibilidad de la información

¿Cuáles son los estándares, criterios, objetivos y reglamentos ambientales pertinentes?

¿Existe información acerca de los efectos de proyectos similares?

¿Cuáles son las fuentes de datos ambientales pertinentes?

¿Cuáles son los puntos de vista del público en general y de los grupos de especialistas acerca de la propuesta del proyecto?

3.7.3.9 Disponibilidad de recursos

¿Hay expertos locales capaces de proporcionar asesoría respecto a efectos específicos? ¿Existe la posibilidad de buscar la asesoría externa de un especialista? ¿Existen publicaciones (memorandos técnicos, guías, etc.) que podrían ayudar a identificar los efectos posibles del tipo de proyecto específico?

3.7.4 Instrucciones para el uso de la matriz de Leopold

La matriz de impactos ambientales proporciona un inventario y una presentación conveniente de estos efectos. He aquí las instrucciones:

- 1) Identificar todas las acciones (ubicadas a lo ancho de la parte superior de la matriz) que son parte del proyecto propuesto. Hacer una lista de las características o condiciones ambientales pertinentes en la columna lateral de la matriz.
- 2) Bajo cada acción propuesta realizar una lista de todas las consecuencias que trae consigo cada etapa o parte del proyecto.
- 3) Redactar para cada celda una pequeña descripción de los efectos que causa cada acción del proyecto a los componentes ambientales evaluados.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

A continuación se describe la metodología a emplear para el desarrollo del estudio, donde el tipo de investigación que se aplicará es de carácter **teórico-práctico**. Teórico por cuanto una parte del estudio contará con un sustento documental referido al diseño de los diferentes componentes de un SDRCP (Sistema de red de conducción de agua pluvial). Por otra parte está contemplado la valoración y determinación de parámetros técnicos con un enfoque práctico.

El estudio tiene un área directa de 15.39 km² y un área de influencia de 150 hectáreas. Esto comprenderá el diseño de una línea de conducción con diámetro entre 24 y 48 pulgadas y estos estarán drenando el flujo de los tragantes a la línea de conducción principal respectivamente, se hará hincapié en mencionar obras existentes, las cuales hacen más eficaz la propuesta de erradicar el problema de inundación que afecta a la población.

4.1 Recopilación de Información

Se utilizaron diversas técnicas y herramientas para la recolección, el análisis y el procesamiento de la información. Para la recolección de la información se recurrirá a diferentes fuentes e instituciones:

- Revisión Bibliográfica,
- Utilización de datos obtenidos de los distritos VI y VII de la Alcaldía de Managua, INIDE y AMUNSE, para la caracterización de factores sociales, económicos y ambientales del barrio Anexo Villa Libertad.
- Análisis de datos meteorológicos de los últimos 20 años, de INETER.
- Revisión documental, en especial manuales, normas y códigos de diseño nacionales e internacionales, para el diseño de la red de conducción de agua pluvial por alcantarilla. Esto permitirá desarrollar una metodología de diseño para los diferentes elementos del **SDRCP**.
- Análisis y procesamiento de la información bibliográfica y de campo, para la realización del diseño SDRCP.

4.1.1 Caracterización del área de estudio

El área del estudio está ubicada en el afluente natural de la sub-cuenca III, donde se encuentra el barrio Anexo Villa Libertad, con altos indicadores de pobreza y problemas en lo que se refiere al drenaje de aguas lluvia, provenientes de aguas arriba de esta sub-cuenca de acuerdo al INIDE. Para seleccionar los puntos de interés en el diseño de secciones, se trazarán los ejes o causes en las curvas del mapa geodésico, luego se realizará recorrido detallado y completo en el sitio para comprobar y ajustar las corrientes que han sido modificadas a causa del avance urbanístico en la zona.

4.1.3 Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico de todo el área de estudio (planimetría y altimetría), utilizando una estación total Marca Leica. Las elevaciones se tomaron por georeferenciación. Los materiales usados fueron dos primas, estación total, brújula, cinta y plomadas.

4.2 Estudio de gabinete

4.2.1 Tormenta de diseño

La Tormenta de Diseño es un patrón de precipitación definido que se utiliza en el diseño de un sistema hidrológico, esta se define mediante un valor de altura de precipitación en un punto dado.

En este estudio se utilizó los datos pluviométricos de la Estación Managua ubicada en la Latitud: 12°08'36" y la Longitud: 86°09'49", con Código: 69.027 y Elevación: 56 msnm. Los datos usados son la precipitación horaria del día 30 de Octubre del año 1998, estas corresponden a las lluvias del Huracán Mitch.

4.2.2 Tiempo de concentración

En zonas urbanas, el tiempo de concentración será el tiempo que tarda una gota de lluvia en llegar hasta cada buzón desde el punto más alejado, es decir tendría

tres recorridos típicos, desde el centro del pavimento a la cuneta, de la cuneta al sumidero y dentro del conducto hasta el buzón.

Método racional para cálculo de tiempo de concentración

$$t_{cs} = 0.01023 (L/S^2)^{0.77} \quad \text{Formula 30}$$

tcs = (En minutos)

L= Longitud del cauce, m

S= Pendiente media de la cuenca, m/m

4.2.3 Separación de la lluvia neta o efectiva

Para el cálculo de las tasas de pérdidas se utilizó el método: Soil Conservation Service, que requiere los siguientes parámetros: Pérdidas Iniciales Número de Curva porcentaje de permeabilidad.

Estos datos se obtuvieron del procesamiento de los mapas de cobertura y textura Se aplicó el método número de curva del SCS (SCS Curve Number).

CN: 98

Infiltración potencial Máxima mm (S): $S \times \frac{25400}{CN} \geq 254$ Formula 31

Pérdidas iniciales: Ia = 0.2S

4.2.4 Transformar precipitación neta a escorrentía

Para la transformación de la lluvia en escurrimiento se utilizaron los métodos: Método SCS. Que requiere el SCS Lag, calculado de la siguiente manera:

$$\text{Lag time (min)} = 0.6 * Tc$$

$$Tc (\text{min}) = 0.01023 \frac{L}{S^{1/2}}^{0.77} \quad \text{metodo racional} \quad \text{Formula 32}$$

L = Longitud del canal principal

S = Pendiente media

Tc = Tiempo de concentración

Se aplicó el método de hidrógrama unitario sintético del SCS (SCS Unit Hydrograph).

4.2.5 Transito de caudales

El método para calcular el tránsito de hidrógramas en el canal fue el de Lag (tiempo de retardo)

$$\text{Lag (min)} = \frac{0.0136 L^{0.8} \frac{1000}{CN} Z^{0.7}}{S^{0.5}} \quad \text{Formula 33}$$

L= Longitud del canal principal en pies

S = Pendiente (%) del canal principal

CN = Número de curva de SCS para la cuenca en cuestión

Este método de transito es el más simple, donde el hidrógrama de salida es igual al de entrada, el flujo no es atenuado y la forma del hidrógrama no cambia, normalmente es usado en canales de drenaje urbano.

4.2.6 Material de la tubería y longitud total de tubería

Será de PVC y de concreto por las ventajas que representan para su uso.

4.2.7 Tensión Tractiva y Pendiente Mínima

La pendiente mínima será aquella que produzca una velocidad no menor que 0.90 m/s ni mayor que 5.00 m/s; que a su vez produzca una fuerza a la tracción de 1.5 Pa.

También se puede escribir: $f \times W * g * R * S$ Formula 34

En la cual:

f = Tensión de arrastre en Pa

W = Peso específico del líquido en kg/m³

R = Radio hidráulico a gasto mínimo en m

S = Pendiente mínima en m/m

$g = \text{Gravedad } (9.81 \text{ m/s}^2)$

4.3 Hidrografía

Las dos cuencas hidrográficas del municipio de Managua drenan su escorrentía en direcciones opuestas, según se desarrollen hacia el Norte o hacia el Sur del parte – aguas que conforman El Crucero.

Una de ellas drena sus aguas hacia el litoral Pacífico conocida como cuenca norte, cubre aproximadamente el 30% del municipio, por otro lado, la llamada Cuenca Sur drena sus aguas hacia el Lago de Managua o Xolotlán, estando divididas en 4 subcuencas, correspondiendo tres para Managua y que ocupan aproximadamente el 70% del Municipio.

La cuenca Sur del Lago de Managua o Xolotlán no tiene cursos de aguas significativos, sólo hay presencia de corrientes efímeras de carácter estacionario y por algunas permanentes de curso breve y bajo caudal (ríos Santa Elena, Borbollón, Lodoso). La topografía de la Cuenca Sur y la sustitución de la vegetación original por cultivos anuales dispersos, han permitido que la erosión forme hondonadas y cañadas, especialmente en las áreas de pie de monte (200-450 msnm).

Imagen # 4



4. Obras y estado de la infraestructura existente

La topografía y las pendientes de las vías están entre pequeñas y medias; en el área del proyecto existe una red de distribución de agua potable y alcantarillado sanitario.

En una parte de la ruta prevista existen cunetas y las rasantes están definidas por la infraestructura existente. Las obras existentes tales como: cunetas, pozos de visitas y otras, restringen el nuevo trazado de la rasante vertical y horizontal. En gran parte, la rasante de las calles se restringe por niveles de tapa de manjoles, calles ya adoquinadas colindantes y cunetas en algunas esquinas.

4.4.1 Calles

Se encuentran calles de todo tiempo, las cuales no están revestidas; existe una calle principal que es una pista que conduce a la casa comunal, dicha calle está revestida con asfalto y es la parada de una de las rutas de transporte colectivo.

Las calles son las primeras infraestructuras que se ven afectadas por las lluvias y escorrentías y en mayor medida cuando las agua forman charcas que contaminan el entorno en cuanto a los habitantes así como al material de las cuales están diseñadas siendo más costosas y necesarias su respectivo mantenimiento vial.

Dentro del área de influencia podemos encontrar pequeñas obras hidráulicas que serán de suma utilidad para beneficio del sistema propuesto facilitando con esto la implementación de mejoras en pro del desarrollo y el mejoramiento de la calidad de vida de muchas personas que son beneficiarios del proyecto propuesto.

4.4.2 Pozo de Visita Pluvial (PVP)

En la calle principal de la zona de proyecto existen pozos de visita, los que serán de suma utilidad para el proyecto estos sirvieron de alineamiento de BM para la topografía. Los pozos de visitas que encontramos en la pista son importantes porque nos darán una relación de cómo se comporta el flujo del agua dentro de la

red existente, esto nos proyectara uno comportamiento de cómo de muestra propuesta en planteada de la red de conducción de las aguas de lluvia.

4.4.3 Cunetas

Las cunetas serán propuestas según especificaciones técnicas de 40 cm en el caite, 25 cm de frente o pecho y el bordillo o corona mide 15 cm de concreto de 3,000 PSI. Estas que a su vez facilitarán el traslado del agua ejerciendo el funcionamiento de obras menores de una red de drenaje pluvial, siendo utilizadas para el trazo de niveles de posteriores obras de mejoramiento a la carpeta de rodamiento de calles existentes dentro del área del proyecto.

4.4.4 Canaletas a cielo abierto

Estas canaletas están ubicadas en los solares de las viviendas las cuales se ven afectadas por los constantes desbordes de agua que se acumulan en los solares afectando de manera directa la salud y integridad de los habitantes, dicha obra hidráulica conducen el agua a las calles donde se forma la laguna creando inundaciones en viviendas con niveles inferiores a las calles quedando desprotegidas del factor agua.

4.4.5 Tragantes

Los tragantes son las estructuras que permiten captar las aguas que, escurren sobre la superficie pavimentada y llegan a concentrarse en la cuneta. Estos tragantes forman parte del sistema de drenaje formando una parte fundamental para en el encause del flujo transportado en el caite de la cuneta hacia la línea principal de construcción. Se propondrán tragantes dobles y triples en puntos de mayor influencia de flujo para hacer eficiente el traslado de las aguas de lluvia las especificaciones están reflejada en los planos constructivos.

Gráfica 1
Intensidad de la lluvia (I) y tiempo de concentración (Tc)

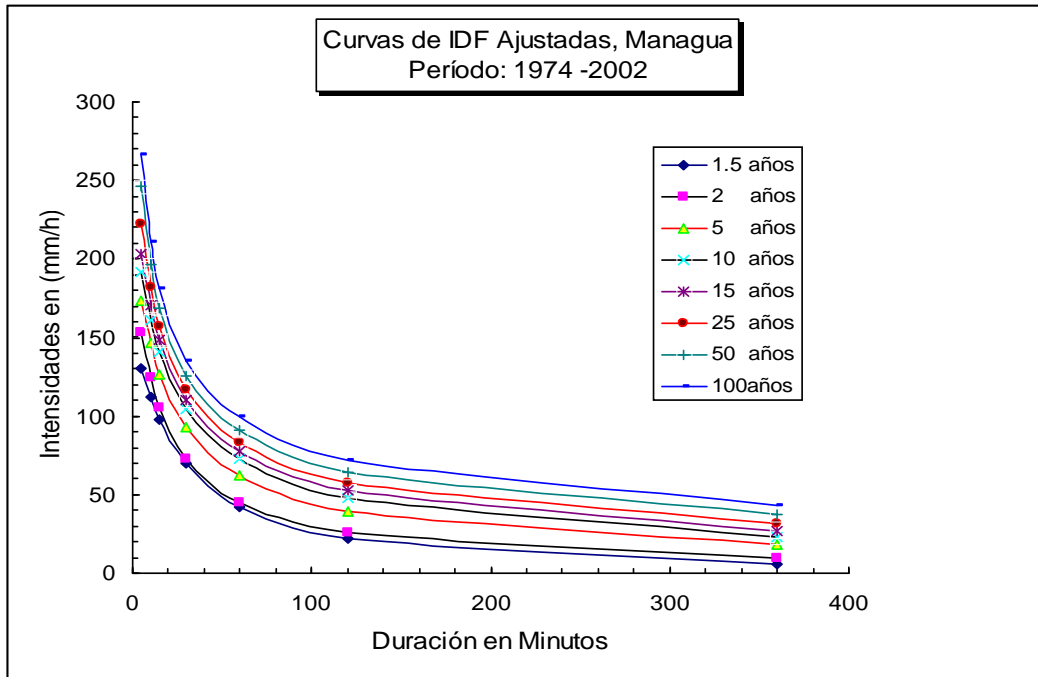


Tabla # 5

Intensidades (en mm/hr) obtenidas del ajuste de la estación meteorológica de MGA

Periodo	Tiempo en Minutos						
	5	10	15	30	60	120	360
1.5 años	130.5	112.4	98.2	69.8	42.1	21.6	5.9
2 años	153.1	125	105.7	72.7	45.1	26	9.9
5 años	173.9	146.2	126.9	92.6	62.3	39.4	17.8
10 años	191.4	161.5	140.9	104.6	72.4	47.8	23.4
15 años	203.3	170.5	148.5	110.7	77.6	52.2	26.7
25 años	222.4	182.1	157.1	116.6	82.9	57.4	31.3
50 años	246.7	196.9	168.5	125.2	90.6	64.7	37.3
100 años	266.4	211.2	180.7	135.2	99.2	72.1	42.9

4.5 Diseño Hidráulico

La red de drenaje pluvial propuesta es de tubería de concreto reforzado con manjoles y tragantes de gaveta dobles y sencillos. El periodo de retorno que se considerará es de **50 años**.

La tubería existente (PVP 1E – PVP 3E) entre pozos de visita es de Ø30", la cual es insuficiente para el caudal de diseño.

Se tomaron en cuenta las obras de drenaje en uso en la calle de la casa comunal de Villa Libertad (calle C2 de nuestro proyecto) y que descarga en el cauce ubicado una cuadra al este de la casa comunal, es de Ø30" la cual es insuficiente para el caudal de diseño. Por consiguiente el estudio investigativo proporcionará datos los cuales nos darán el diseño del diámetro según los caudales de diseño que se obtendrán. Se harán consideraciones de puntos críticos según la topografía del terreno.

4.5.1 Diseño de secciones

Para los diseños de las diferentes secciones se utiliza la ecuación general de Manning. La cual proporcionara el caudal, este resultara el tirante o profundidad máximo y crítico para la determinación del diámetro de la tubería de concreto reforzado, la cual trabaja tirantes "Y".

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Formula 35

Dónde:

Q = Caudal (m³/s)

n = Rugosidad

A = Area hidráulica (m²)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente del fondo del canal (m/m)

Para determinar el Coeficiente (n), se determina empíricamente con la ayuda de tablas en donde se valora las características de las paredes del tubo y el estado del material. El n para tubos de concreto es n= 0.013 y en PVC es de n = 0.009.

El coeficiente de Manning varía con el tipo de material del lecho y con otras circunstancias. Con el paso del tiempo las condiciones hidráulicas tienden a ser iguales con independencia del material de la tubería. Para tuberías de concreto se da el siguiente valor:

Red unitaria n = 0.012

Red residual n = 0.013

4.5.2 Longitud y Pendiente de la tubería

La longitud de la tubería se define de los levantamientos topográficos la cual es la distancia entre pozo y pozo, la instalación de los pozos de visita esta en dependencia de distancia máxima entre ellos de cambios de pendiente o de diámetro de tubería.

4.5.3 Diseño de secciones circulares

Para el diseño de secciones circulares, además de los parámetros generales, se tomarán en cuenta los siguientes:

4.5.4 Diámetro en secciones circulares (D)

Para encontrar el diámetro se usa el principio de Manning, donde se relacionan el caudal, la rugosidad, la pendiente y el ángulo interno.

$$D = \left(\frac{\frac{1}{2^{\frac{1}{3}}} * Q * n * \alpha^{\frac{2}{3}}}{S^{\frac{1}{2}} * (\alpha - S) \alpha^{\frac{5}{3}}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad \text{Formula 36}$$

Dónde:

D: Diámetro

Q: Caudal

S: Pendiente del fondo del canal

α : Angulo de inclinación

4.5.5 Ángulo de diseño (α)

La ecuación para el cálculo de este parámetro se presenta:

$$\alpha = 2 * \cos^{-1} \left(1 - 2 * \frac{Y}{D} \right) \quad \text{Formula 37}$$

α : En grados sexagesimal

Y: Tirante de la sección

D: Diámetro de la sección

Entre las variables hidráulicas más importantes se encuentran la velocidad media del flujo (velocidad en lo sucesivo), el gasto y, el tirante del flujo con superficie libre o la presión en conductos trabajando a presión. Para su determinación puede requerirse el uso de ciertos parámetros hidráulicos básicos relativos a una sección transversal de una conducción específica según parámetros importantes en la hidráulica son los siguientes:

4.5.6 Tirante (y)

Se le denomina tirante a la distancia vertical medida desde el punto más bajo de la sección de la conducción hasta la superficie libre del agua (m).

$$Y = \left(\frac{D}{2} \right) \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \quad \text{Formula 38}$$

D: Diámetro

α : Angulo de inclinación.

4.5.7 Perímetro mojado (P)

Es la longitud del contorno de la sección transversal en la que el agua tiene contacto con las paredes y el fondo de la conducción (m).

$$P = \left(D \frac{\alpha}{2} \right) \quad \text{Formula 39}$$

D: Diámetro

: Angulo de inclinación.

4.5.8 Radio hidráulico (R)

Es la relación existente entre el área hidráulica de la sección en estudio y el perímetro mojado.

$$Rh = \left(\frac{A}{P} \right) \quad \text{Formula 40}$$

Dónde:

A: Área

P: Perímetro

4.5.9 Velocidad del flujo en tuberías.

La velocidad media en el tubo (m/seg), se determina mediante la fórmula de Manning que se muestra a continuación:

$$V = \left(\frac{1}{n} Rh^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \right) \quad \text{Formula 41}$$

n: coeficiente de rugosidad, laboratorio

Rh: Radio hidráulico

S: Pendiente de fondo

4.5.10 Pendiente de la cuenca (S_c)

Se calcula mediante la diferencia de elevación máxima y mínima del relieve, dividida por la longitud horizontal entre ambos puntos de la cuenca, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$S = \frac{H_{\text{áx}} - H_{\text{ín}}}{L} \quad \text{Formula 42}$$

Dónde:

S: pendiente de la ecuación.

H_{máx}: elevación máxima del relieve.

H_{mín}: elevación mínima del relieve.

L: longitud horizontal entre ambos puntos de la cuenca.

4.5.11 Pendiente (S_t)

Se calcula mediante la fórmula que relaciona la parte más alta y el punto más bajo de concentración de las aguas y la longitud de la obra.

Para secciones circulares se utiliza la ecuación que relaciona el caudal, la pendiente, la rugosidad y el ángulo interno. Ver ecuación 41

4.5.12 Energía específica (E)

$$E = Y + \frac{V^2}{2G} \quad \text{Formula 42}$$

Dónde:

E: Energía específica

Y: Tirante

V: Velocidad

G: Gradiente

Para las secciones circulares se calcula en función del tirante, gravedad y velocidad.

4.5.13 Número de Froude (F)

$$F = \frac{V}{\sqrt{g^* \frac{A}{T}}} \quad \text{Formula 42}$$

Dónde:

F: Número de froude

V: Velocidad

G: gravedad

A: Área

T: Espejo de agua

Es un [número a dimensional](#) que relaciona el efecto de las fuerzas de inercia y la fuerzas de gravedad que actúan sobre un fluido.

Se calcula en función de la velocidad, espejo de agua, área y gravedad.

4.5.14 Rugosidad (n)

En forma práctica, los valores del coeficiente de rugosidad que se usarán para el diseño de la sección circular que se propondrán, están comprendidos entre 0.012 y 0.020. Estos valores de la rugosidad son los propuestos por Máximo Villón Béjar, en el manual del programa Hcanales.

4.5.15 Relación de llenado (y/D)

Se propondrá un porcentaje de llenado tratando de no comprometer la capacidad de la sección $y/D = 80\%$.

4.5.16 Perímetro mojado (P)

Es la parte del conducto que está en contacto con el agua.

4.5.17 Espejo de agua (T)

Corresponde a la superficie libre del agua en una sección determinada.

4.5.18 Nivel del agua (h)

Es el nivel de la superficie libre del agua (m) con respecto a un plano horizontal de referencia.

4.5.19 Ancho de superficie libre (B)

Es la distancia medida transversalmente al flujo a nivel de la superficie libre (m).

4.6 Diseño de tragantes

Los tragantes son las estructuras que permiten captar las aguas que escurren sobre la superficie pavimentada y llegan a concentrarse en la cuneta. Las variables que se utilizan para el diseño de tragantes se presentan a continuación:

Pendiente del caite de la cuneta (S_w)

Pendiente transversal de calle (S_x)

Ancho de calzada (T_x)

Ancho de caite cuneta

Coefficiente de rugosidad de Manning

$$d_o = T_x * S_x \quad \text{Formula 43}$$

$$d = d_o + W * S_w \quad \text{Formula 44}$$

4.7 Diagnóstico de impacto ambiental

Se adoptó el diagnóstico de impacto ambiental, puesto que la realización de un estudio de impacto ambiental, es más minucioso y requiere mayor costo y tiempo. De las acciones susceptibles a producir impactos (tanto positivo como negativo), se establecen tres relaciones definitivas: sin drenaje pluvial (S.D.P), etapa de construcción (C) y durante el funcionamiento del proyecto (F).

En la segunda fase se identificó las acciones más importantes y los factores ambientales más impactados con el sistema de drenaje pluvial en funcionamiento.

Y por último se categorizó el orden de los impactos desde los más significativos hasta los menos; procediéndose luego a realizar la gráfica.

4.8 Estudio de suelos

El estudio comprende la clasificación del suelo por medio de análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, índice de grupo. Para esto se hizo uso de la metodología de la AASHTO y del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), que nos permite determinar y clasificar los diferentes tipos de suelos del Barrio sobre la línea de las colectoras.

El estudio servirá para un análisis técnico-constructivo y económico, y así determinar requerimientos necesarios para la instalación de las tuberías y construcción de canales.

4.9 Material de la tubería y sus características

El tipo de tubería a emplear será entre PVC y Concreto. Este tipo de tubería en específico la de PVC, ha sido elegido debido a que tiene características que permiten reducir costos sin perder eficiencia ni durabilidad, las cuales son:

- a) Resistencia a la corrosión: Su gran resistencia a la acción corrosiva de ácidos, alcalinos o sulfatos lo hace ideal para instalaciones en suelos agresivos.
- b) Livianidad: Es una propiedad inherente al PVC, por lo que se hace innecesario el uso de equipo pesado para el manejo, colocación e instalación de la tubería; lo que se traduce en menores costos.
- c) Bajo coeficiente de rugosidad: La superficie interior de los tubos de PVC es más lisa comparada con tubería tradicional, permitiendo el empleo de menores diámetros y/o pendientes, lo que disminuye el costo del movimiento de tierras.
- d) Resistencia a incrustaciones: Las paredes lisas y libres de porosidad impiden la formación de incrustaciones, proporcionando una mayor vida útil con mayor eficiencia.
- e) Flexibilidad: Las cargas sobre las tuberías flexibles son menores que las ejercidas sobre tuberías rígidas, debido a que la carga es soportada por el relleno, las paredes de la zanja y en menor grado por la tubería.
- f) Unión flexible: Lo que facilita el ensamblaje y reduce los riesgos de hacer acoples defectuosos; este tipo de unión permite absorber asentamientos diferenciales generados por mala compactación, suelos inestables o sismos.

4.10 Software

A continuación se exponen brevemente las características y métodos de cálculo en software utilizados.

4.10.1 Hoja de cálculo de Excel

En las hojas de cálculo de Excel se realizaron los cálculos de unión de los colectores en los pozos por línea de Energía, Flujo subcrítico y supercrítico para la Red de Alcantarillado Pluvial proyectada

Imagen # 7



Pipe		Diameter (mm)		Length (m)		Slope		Energy Head (m)		Flow (l/s)		Velocity (m/s)	
ID	Code	mm	mm	m	m	%	%	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
0001	0001	150	150	10	10	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
0002	0002	150	150	10	10	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
0003	0003	150	150	10	10	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
0004	0004	150	150	10	10	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
0005	0005	150	150	10	10	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
0006	0006	150	150	10	10	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
0007	0007	150	150	10	10	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
0008	0008	150	150	10	10	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
0009	0009	150	150	10	10	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
0010	0010	150	150	10	10	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005

4.10.1.1 Drenaje Pluvial

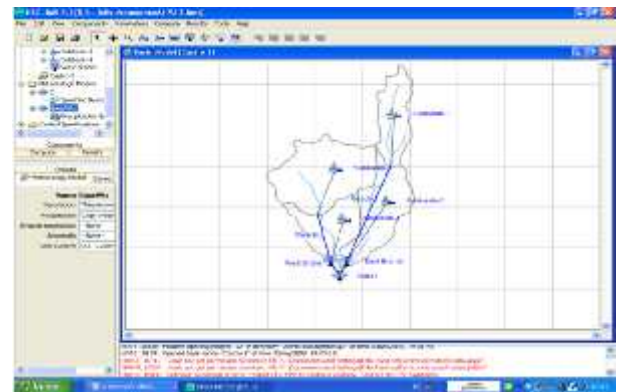
En los Anexos se hace una descripción columna por columna del cuadro de cálculo en una hoja de Excel. El cálculo de la columna de cotas de energía es opcional cuando se hace el empate de los colectores en el pozo por la cota clave. Sin embargo, es importante su cálculo para comparar las cotas de energía de los colectores entrante y saliente del pozo y así poder identificar posibles problemas cuando la cota de salida es mayor que la cota de entrada del colector principal afluente.

4.10.2 HEC-HMS: Sistema de Modelado Hidrológico

4.10.2.1 Generalidades

El HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System), es un programa de simulación hidrológica, desarrollado para estimar los hidrogramas de salida en una cuenca o varias subcuencas (caudales máximos y tiempos picos) a partir de condiciones extremas de lluvia.

Imagen # 8



Los resultados arrojados por le HEC-HMS permiten

- Dimensionar obras de control de inundaciones, como muros de encauzamiento y embalses.
- Establecer dimensiones preliminares de alcantarillas viales, luz en los puentes y sistemas de drenaje pluvial.

- Estudiar el impacto ambiental de las crecientes, causado por la transformación del uso de los suelos en cuencas rurales y urbanas.

4.10.3 HCANALES para Windows

Es un software para simulación y diseño de canales y estructuras hidráulicas.

4.10.3.1 Generalidades

El sistema permite resolver los problemas más frecuentes que se presentan en el diseño de canales y estructuras hidráulicas, los cuales son:

1. Calcular el Tirante Normal.
2. Calcular el tirante Crítico.
3. Calcular el Resalto Hidráulico.
4. Calcular la Curva de Remanso.
5. Calcular el caudal que transporta un canal construido para las secciones transversales artificiales de uso común, como son: sección triangular, sección rectangular, sección trapezoidal, sección parabólica, sección circular.

Imagen # 9

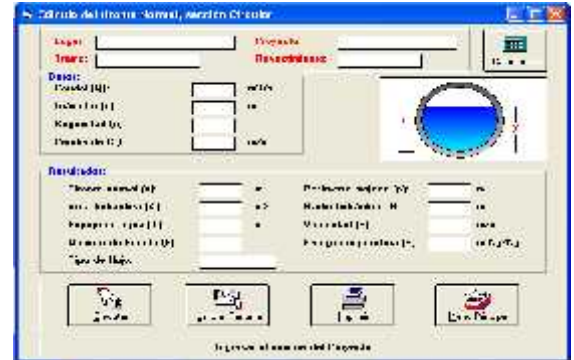


Imagen # 10

4.10.4 Autodesk Civil 3D 2015®

El Autodesk Civil 3D es una aplicación basada en el AutoCAD® que incluye herramientas eficaces e intuitivas con las que se puede crear y etiquetar puntos de cota, definir y editar alineaciones de carreteras y terrenos, automatizar procesos de delineación, crear modelos digitales de terreno y calcular volúmenes y curvas de nivel.



5.1 Resultados

Del estudio hidrológico del Barrio resultaron cuatro cuencas y éstas a su vez de dividieron en sub-cuencas. Con el programa de Autodesk Civil 3D, se calculó las áreas correspondientes las distancias de los puntos más alejados de la cuenca hasta el punto de descarga, así como las respectivas elevaciones de cada punto.

En el diseño se supuso las calles pavimentadas para trabajar con las más extremas condiciones posibles; el cálculo de los caudales de diseño se realizó mediante el programa de HEC-MHS. El cálculo de los tirantes normal y crítico a través del programa H-canales.

Se instalara la red de drenaje dentro del reparto con diámetro entre $\text{Ø}18''$ a $\text{Ø}48''$, en los tramos en que entra a las propiedades se mantendrán las obras existentes (canales).

Esta tubería se conectara a la red existente (en la calle principal de Villa Venezuela) pero se requiere ampliar el diámetro del tubo, la descarga se hará en la calle que en nuestro estudio se llama Calle 1 hasta llegar al cauce. Donde se propone la instalación de gaviones para proteger la margen del cauce y evitar la erosión.

Para el escurrimiento de las aguas a lo largo de las calles se usará un canal rectangular de 30 x 15 cm. Para el diseño se tomó en cuenta el caudal máximo producido por la sub-cuenca 5 de la cuenca 1, y una pendiente promedio de 1.2 %, para más detalles ver Anexo 3, Diseño de canal.

5.2 Resumen

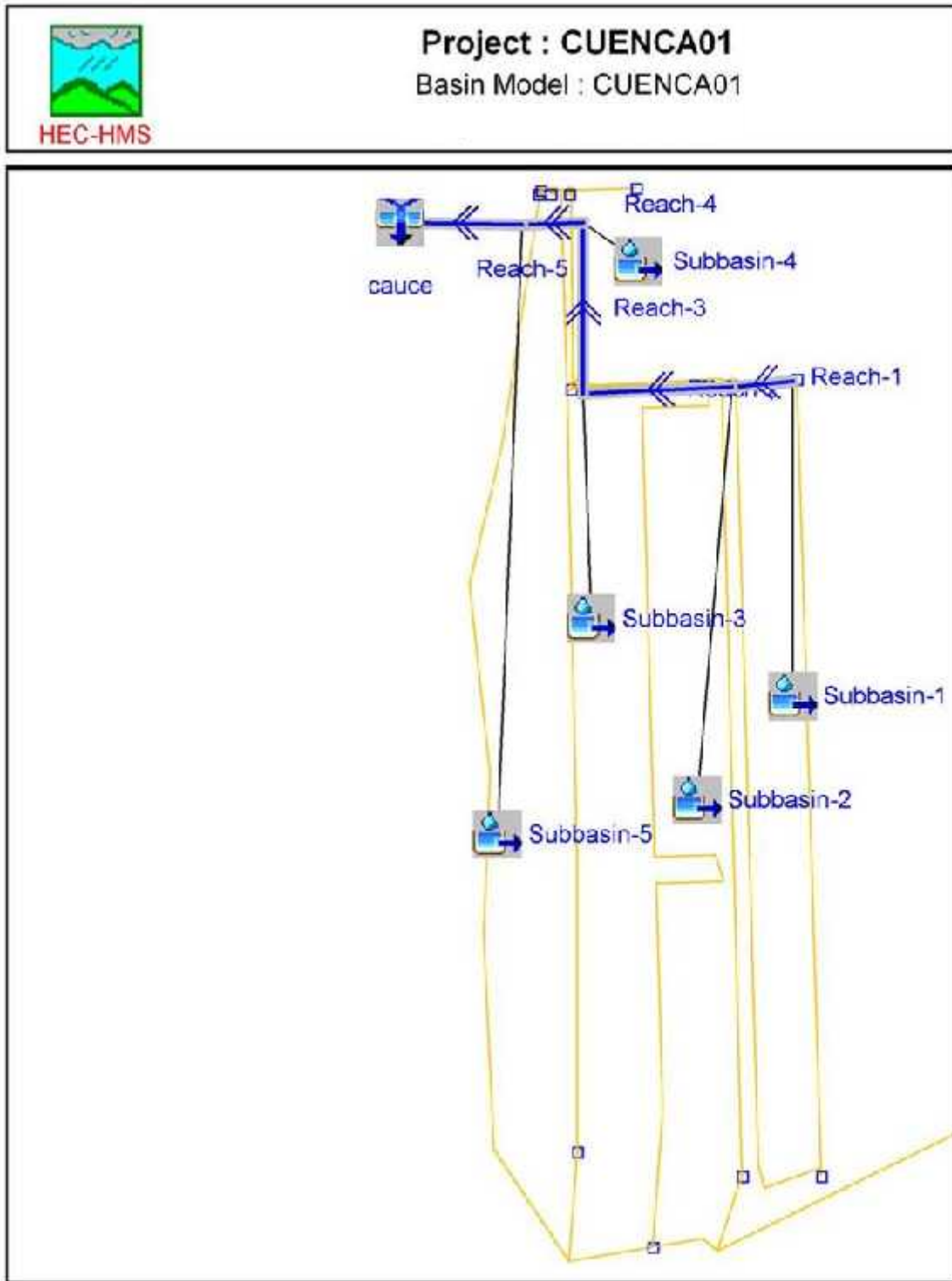
Resultaron cuatro tramos independientes entre sí, los cuales fueron puestos transversalmente al barrio para que descargaran el caudal al cauce. Además resultó 334.9 metros lineales de tubería de $\text{Ø}350$ mm y 4.727 metros lineales de

tubería de Ø250 mm, 20.379 m³ de arena y 279.758 m³ de tierra de excavación.
Ver tabla # 6.

Tabla Nº 6
Cantidad de Obras

Concepto	Unidad	Cantidad
Excavación	m ³	279.758
Relleno	m ³	279.758
Lecho	m ³	276
Tubería de PVC para alcantarillado pluvial	ml	3.480
Tubería de concreto reforzado Ø18" TCR	ml	71
Tubería de concreto reforzado Ø36" TCR	ml	174
Tubería de concreto reforzado Ø48" TCR	ml	605
Tragante sencillo	und	1
Tragante triple	und	11
Tragante rejilla	und	16
Canal de rejilla	und	3
Pozos de visita	und	11
Cunetas urbanas	ml	5.092
Gaviones	m ³	45
Concreto caja de concreto reforzado	m ³	3.57
Acero	kg	280
Concreto Canal	m ³	215
Vado	und	11

5.3 Gráficas de cuencas y subcuencas con HMS

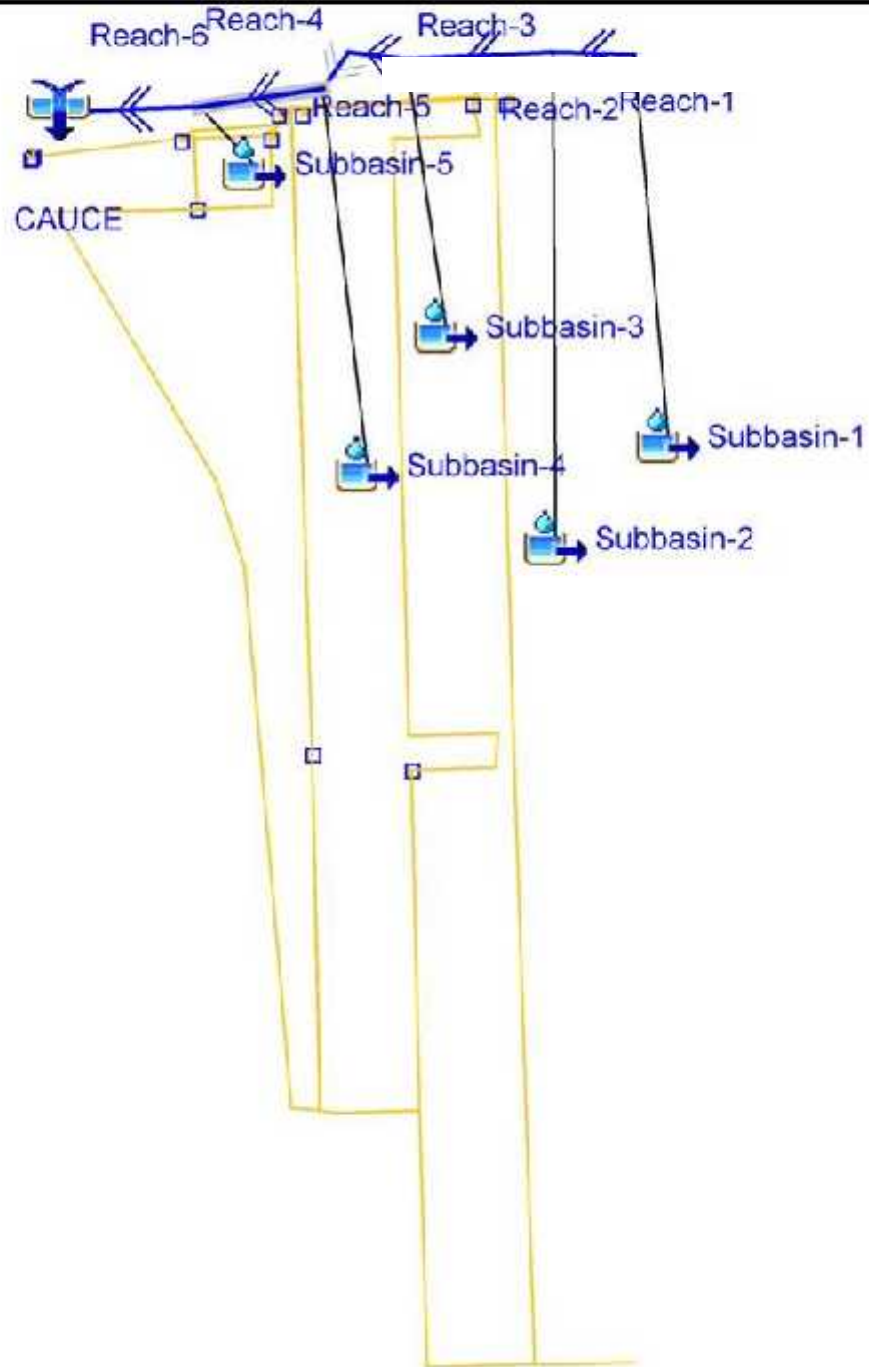




HEC-HMS

Project : CUENCA2

Basin Model : CUENCA2

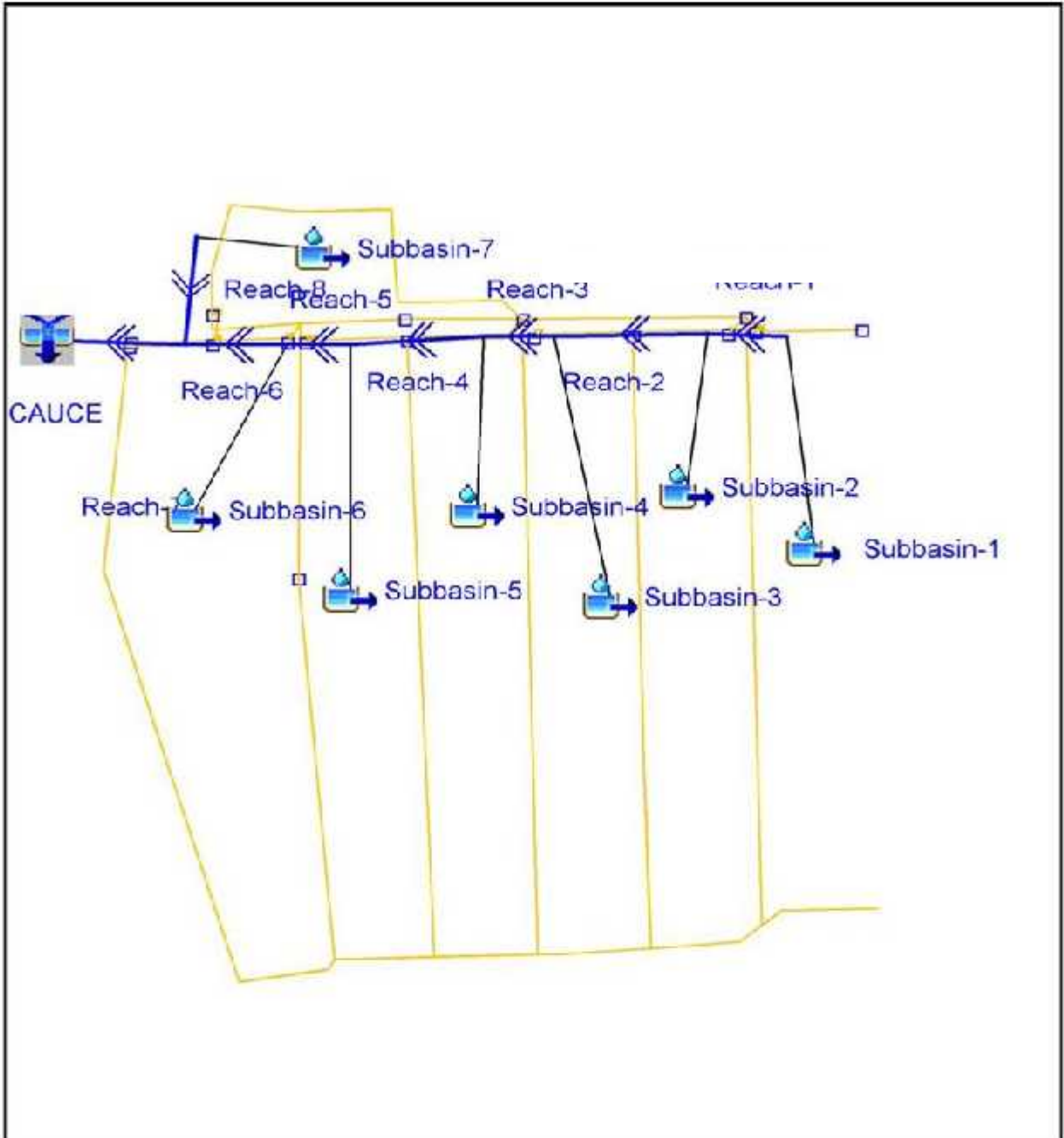




HEC-HMS

Project : CUENCA3

Basin Model : CUENCA3

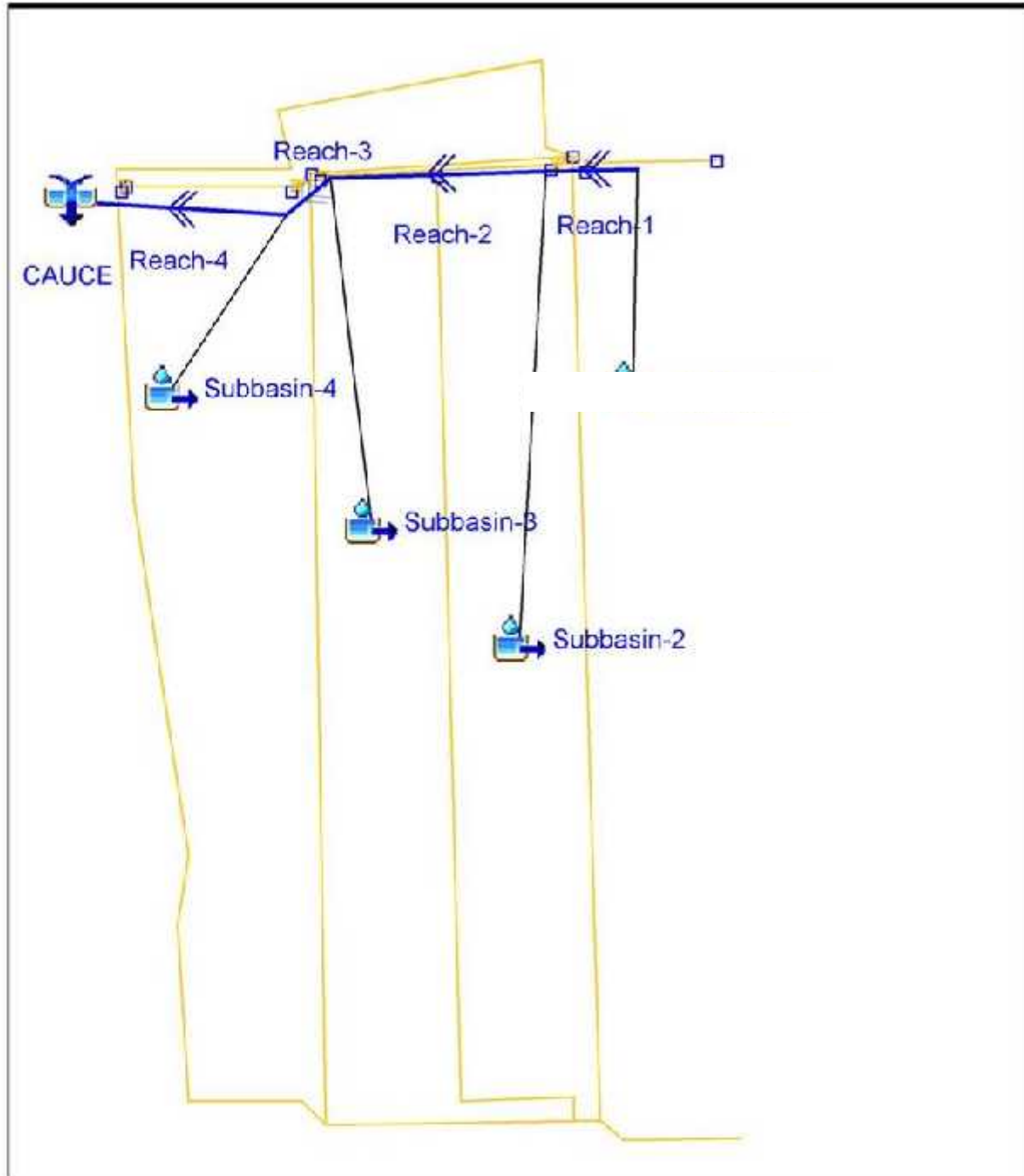




HEC-HMS

Project : CUENCA4

Basin Model : CUENCA4



5.3.1 Resultados del HEC-HMS de caudales picos.

Cuenca N° 01

Project: CUENCA01 Simulation Run: Run 2

Start of Run: 30oct1998, 00:00 Basin Model: CUENCA01
 End of Run: 30oct1998, 23:00 Meteorologic Model: Met 1
 Control Specifications: Control 1

Volume Units: 1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
cauce	0,016314	0,04296	30oct1998, 04:00	1,5375
Reach-1	0,003983	0,01056	30oct1998, 04:00	0,4000
Reach-2	0,007421	0,01963	30oct1998, 04:00	0,7451
Reach-3	0,011323	0,02975	30oct1998, 04:00	1,1367
Reach-4	0,012110	0,03184	30oct1998, 04:00	1,2156
Reach-5	0,016314	0,04296	30oct1998, 04:00	1,5375
Subbasin-1	0,003983	0,01056	30oct1998, 04:00	0,4000
Subbasin-2	0,003438	0,00912	30oct1998, 04:00	0,3453
Subbasin-3	0,003902	0,01036	30oct1998, 04:00	0,3923
Subbasin-4	0,000787	0,00206	30oct1998, 04:00	0,0789
Subbasin-5	0,004204	0,01115	30oct1998, 04:00	0,4219

Cuenca N° 02

Project: CUENCA2 Simulation Run: Run 1

Start of Run: 30oct1998, 00:00 Basin Model: CUENCA2
 End of Run: 30oct1998, 23:00 Meteorologic Model: Met 1
 Control Specifications: Control 1

Volume Units: 1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
CAUCE	0,013641	0,03595	30oct1998, 04:00	1,368
Reach-1	0,004040	0,01065	30oct1998, 04:00	0,405
Reach-2	0,007868	0,02074	30oct1998, 04:00	0,789
Reach-3	0,011093	0,02930	30oct1998, 04:00	1,113
Reach-4	0,011093	0,02930	30oct1998, 04:00	1,113
Reach-5	0,013457	0,03555	30oct1998, 04:00	1,350
Reach-6	0,013641	0,03595	30oct1998, 04:00	1,368
Subbasin-1	0,004040	0,01071	30oct1998, 04:00	0,405
Subbasin-2	0,003828	0,01014	30oct1998, 04:00	0,384
Subbasin-3	0,003230	0,00856	30oct1998, 04:00	0,324
Subbasin-4	0,002359	0,00625	30oct1998, 04:00	0,237
Subbasin-5	0,000184	0,00049	30oct1998, 04:00	0,018

Cuenca Nº 03

Project: CUENCA3 Simulation Run: Run 2

Start of Run: 30oct1998, 00:00 Basin Model: CUENCA3
 End of Run: 30oct1998, 23:00 Meteorologic Model: Met 1
 Control Specifications: Control 1

Volume Units: 1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
CAUCE	0,012599	0,03330	30oct1998, 04:00	1,263
Reach-1	0,001785	0,00473	30oct1998, 04:00	0,179
Reach-2	0,003621	0,00957	30oct1998, 04:00	0,363
Reach-3	0,005576	0,01475	30oct1998, 04:00	0,559
Reach-4	0,007376	0,01947	30oct1998, 04:00	0,740
Reach-5	0,009306	0,02459	30oct1998, 04:00	0,933
Reach-6	0,011995	0,03170	30oct1998, 04:00	1,203
Reach-7	0,012599	0,03330	30oct1998, 04:00	1,263
Reach-8	0,000604	0,00160	30oct1998, 04:00	0,061
Subbasin-1	0,001785	0,00473	30oct1998, 04:00	0,179
Subbasin-2	0,001836	0,00487	30oct1998, 04:00	0,184
Subbasin-3	0,001955	0,00518	30oct1998, 04:00	0,190
Subbasin-4	0,001800	0,00477	30oct1998, 04:00	0,180
Subbasin-5	0,001932	0,00512	30oct1998, 04:00	0,194
Subbasin-6	0,002667	0,00711	30oct1998, 04:00	0,269
Subbasin-7	0,000604	0,00160	30oct1998, 04:00	0,061

Cuenca Nº 04

Project: CUENCA4 Simulation Run: Run 1

Start of Run: 30oct1998, 00:00 Basin Model: CUENCA4
 End of Run: 30oct1998, 23:00 Meteorologic Model: Met 1
 Control Specifications: Control 1

Volume Units: 1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
CAUCE	0,009445	0,02499	30oct1998, 04:00	0,947
Reach-1	0,002299	0,00609	30oct1998, 04:00	0,230
Reach-2	0,004425	0,01169	30oct1998, 04:00	0,443
Reach-3	0,006562	0,01735	30oct1998, 04:00	0,658
Reach-4	0,009445	0,02499	30oct1998, 04:00	0,947
Subbasin-1	0,002299	0,00609	30oct1998, 04:00	0,230
Subbasin-2	0,002126	0,00563	30oct1998, 04:00	0,213
Subbasin-3	0,002137	0,00566	30oct1998, 04:00	0,214
Subbasin-4	0,002883	0,00764	30oct1998, 04:00	0,289

5.3.2 Grafica de subcuenca N° 1 de la cuenca N° 1



5.3.2.1 Resultados de subcuenca N° 01 de Cuenca N° 01

Project: CUENCA01
Simulation Run: Run 2 Subbasin: Subbasin-1
Start of Run: 30oct1998, 00:00 Basin Model: CUENCA01
End of Run: 30oct1998, 23:00 Meteorologic Model: Met 1
Control Specifications: Contr

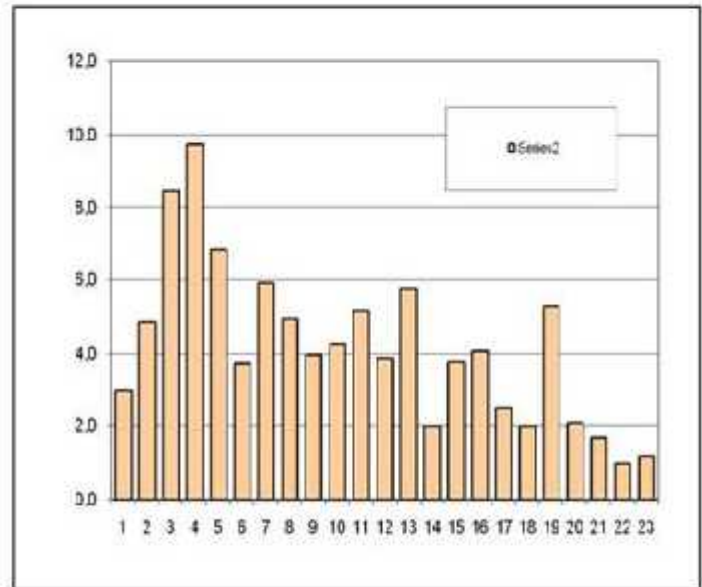
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
30oct1998	00:00				0.00000	0.00000	0.00000
30oct1998	01:00	6,600	0,369	6,231	0,00512	0.00000	0,00512
30oct1998	02:00	5,700	0,086	5,614	0,00605	0.00000	0,00605
30oct1998	03:00	9,000	0,058	8,942	0,00892	0.00000	0,00892
30oct1998	04:00	10,000	0,030	9,970	0,01056	0.00000	0,01056
30oct1998	05:00	7,000	0,012	6,988	0,00849	0.00000	0,00849
30oct1998	06:00	3,800	0,005	3,795	0,00526	0.00000	0,00526
30oct1998	07:00	6,000	0,007	5,993	0,00621	0.00000	0,00621
30oct1998	08:00	5,000	0,004	4,996	0,00572	0.00000	0,00572
30oct1998	09:00	4,000	0,003	3,997	0,00474	0.00000	0,00474
30oct1998	10:00	4,300	0,003	4,297	0,00473	0.00000	0,00473
30oct1998	11:00	5,200	0,003	5,197	0,00549	0.00000	0,00549
30oct1998	12:00	3,900	0,002	3,898	0,00463	0.00000	0,00463
30oct1998	13:00	5,800	0,003	5,797	0,00594	0.00000	0,00594
30oct1998	14:00	2,000	0,001	1,999	0,00320	0.00000	0,00320
30oct1998	15:00	3,780	0,001	3,779	0,00386	0.00000	0,00386
30oct1998	16:00	4,100	0,001	4,099	0,00438	0.00000	0,00438
30oct1998	17:00	2,500	0,001	2,499	0,00319	0.00000	0,00319
30oct1998	18:00	2,000	0,001	1,999	0,00244	0.00000	0,00244
30oct1998	19:00	5,300	0,001	5,299	0,00497	0.00000	0,00497
30oct1998	20:00	2,100	0,001	2,099	0,00306	0.00000	0,00306
30oct1998	21:00	1,700	0,000	1,700	0,00214	0.00000	0,00214
30oct1998	22:00	1,000	0,000	1,000	0,00136	0.00000	0,00136
30oct1998	23:00	1,200	0,000	1,200	0,00131	0.00000	0,00131

5.3.3 Gráfica de precipitación neta hecho en Excel (Comparando con la de HEC-HMS)

Cálculo de la Precipitación neta (Método S.C.S)

Po= mm

t (horas)	P total	Σ P total	Σ Pneta	P neta	% P neta	Abstracciones
1	6,5	6,6	3,0	3,0	45,8	3,6
2	5,7	12,3	7,8	4,9	85,5	0,8
3	9	21,3	16,3	8,5	93,9	0,5
4	10	31,3	26,0	9,7	97,2	0,3
5	7	38,3	32,9	6,9	98,3	0,1
6	3,8	42,1	36,6	3,6	98,7	0,0
7	6	48,1	42,6	5,9	99,0	0,1
8	5	53,1	47,5	5,0	99,2	0,0
9	4	57,1	51,5	4,0	99,3	0,0
10	4,3	61,4	55,8	4,3	99,4	0,0
11	5,2	66,6	61,0	5,2	99,5	0,0
12	3,3	70,5	64,8	3,9	99,5	0,0
13	5,8	76,3	70,6	5,6	99,6	0,0
14	2	78,3	72,6	2,0	99,6	0,0
15	3,8	82,1	76,4	3,6	99,6	0,0
16	4,1	86,2	80,5	4,1	99,7	0,0
17	2,5	88,7	83,0	2,5	99,7	0,0
18	2	90,7	85,0	2,0	99,7	0,0
19	5,3	96	90,3	5,3	99,7	0,0
20	2,1	98,1	92,3	2,1	99,8	0,0
21	1,7	99,8	94,0	1,7	99,8	0,0
22	1	100,8	95,0	1,0	99,8	0,0
23	1,2	102	96,2	1,2	99,8	0,0



Al utilizar el programa HEC-HMS hay que introducir los dos valores: el nº de Curva (CN) y la abstracción inicial (o umbral de escorrentía, Po). HEC-HMS acepta una pareja de valores, aunque no se ajuste al cálculo que presentamos aquí. En cualquier caso, el programa reformata tras la ejecución: "La abstracción inicial es 0,2 de la abstracción total" (o 0,15 a lo que corresponda)

Conversión de CN en Po y viceversa

S.C.S. supone que la abstracción inicial (umbral de escorrentía) es el 23% de la abstracción máxima. Si se desea variar, cambiar aquí:

Escribir dato a la izda, solución aparece a la derecha

CN		Po
<input type="text" value="98"/>	→	<input type="text" value="1.0"/> mm
Po		CN
<input type="text" value="1"/> mm	→	<input type="text" value="98,1"/>

5.3.4 Datos para Cálculo de Pozos de Visita Pluvial

No. PVS	Coordenadas		Elevación		Estación	Pozo		Distancia (m)	Rumbo	Pendiente		Diferencia de altura (m)	Area propia (Ha)	Pend.	tc	AREA
	X	Y	DE	A		De	A			m/m	%			m/m	min	KM ²
1	981,524	1.560,640	52,296	52,202	0+000	1	2	5,510	N90°00'00"W	-0,017	-1,706	-0,094	0,398	0,017	4,71	0,003983
2	981,524	1.555,130	52,202	51,118	0+005,510	2	3	31,561	S87°56'57"W	-0,034	-3,435	-1,084	0,344	0,034	5,25	0,003438
3	980,394	1.523,590	51,118	50,644	0+037,071	3	4	45,489	N00°41'06"W	-0,010	-1,042	-0,474	0,390	0,010	6,37	0,003902
4	1.025,880	1.523,046	50,644	50,673	0+082,560	4	5	4,008	N90°00'00"W	0,007	0,724	0,029	0,079	0,007	6,57	0,000787
5	1.025,880	1.519,037	50,673	50,461	0+086,568	5	D1	2,944	N90°00'00"W	-0,072	-7,201	-0,212	0,420	0,072	6,63	0,004204
6	1.202,118	1.553,924	49,774	49,769	0+089,512	6	7	5,902	S89°58'45"W	-0,001	-0,085	-0,005	0,404	0,001	4,36	0,004040
7	1.202,116	1.548,021	49,769	49,060	0+095,414	7	8	29,930	S86°24'47"W	-0,024	-2,369	-0,709	0,383	0,024	4,95	0,003828
8	1.200,244	1.518,150	49,060	49,080	0+125,345	8	9	3,817	S88°01'55"W	0,005	0,524	0,020	0,323	0,005	5,17	0,003230
9	1.200,113	1.514,335	49,080	49,057	0+129,162	9	10	4,431	S23°19'50"W	-0,005	-0,519	-0,023	0,000	0,005	5,41	0,000000
10	1.196,044	1.512,580	49,057	48,638	0+133,593	10	11	14,452	S87°51'57"W	-0,029	-2,899	-0,419	0,236	0,027	5,75	0,002359
11	1.195,468	1.497,139	48,638	48,246	0+149,045	11	D2	26,742	S83°12'21"W	-0,015	-1,466	-0,392	0,018	0,015	6,40	0,000184
12	1.306,373	1.550,669	48,625	48,447	0+175,786	12	13	4,382	S86°37'21"W	-0,041	-4,062	-0,178	0,178	0,041	2,40	0,001785
13	1.306,115	1.546,295	48,447	47,528	0+180,168	13	14	30,609	S89°01'36"W	-0,030	-3,002	-0,919	0,184	0,030	2,95	0,001836
14	1.305,595	1.515,691	47,528	47,492	0+210,777	14	15	4,614	S88°19'14"W	-0,131	-13,134	-0,606	0,196	0,008	3,16	0,001955
15	1.305,460	1.511,079	47,492	46,922	0+215,391	15	16	31,390	S88°25'12"W	-0,019	-1,883	-0,021	0,180	0,018	3,84	0,001800
16	1.304,596	1.479,700	46,922	46,901	0+246,782	16	17	2,986	N84°00'29"W	-0,111	-11,119	-0,311	0,193	0,007	4,00	0,001932
17	1.304,908	1.476,730	46,901	46,590	0+249,767	17	18	11,639	S88°04'34"W	-0,022	-2,208	0,054	0,269	0,027	4,28	0,002687
18	1.304,517	1.465,098	46,590	45,228	0+261,406	18	D3	13,947	S88°01'43"W	-0,098	-9,766	-1,416	0,000	0,101	4,46	0,000000
19	1.304,244	1.465,098	46,644	46,590	0+274,903	19	18	4,727	S00°00'00"W	-0,011	-1,142	-0,054	0,600	0,011	1,72	0,000604
20	1.431,559	1.547,149	46,832	46,893	0+279,630	20	21	4,632	N86°14'19"W	0,013	1,317	0,061	0,230	0,013	2,39	0,002299
21	1.431,863	1.542,527	46,893	46,045	0+284,262	21	22	29,666	S87°03'20"W	-0,029	-2,858	-0,848	0,213	0,029	2,94	0,002126
22	1.430,339	1.512,901	46,045	46,067	0+313,928	22	23	3,887	S70°46'26"W	0,006	0,566	0,022	0,214	0,006	3,15	0,002137
23	1.429,059	1.509,231	46,067	44,807	0+317,814	23	D4	21,840	N90°00'00"W	-0,058	-5,769	-1,260	0,288	0,058	3,48	0,002883

5.3.5 CALCULO DE AREAS

Pozos		parcelas	Area Total		Perímetro	Area Lotes		Perímetro	Area calle		S (m/m)	% area permeable	% area imperm.	lag time (0,6*tc)	lag (p/trans. De aven)
DE	A		m ²	Ha	m	m ²	Ha	m	m ²	Ha					
1	2	77	3.983,475	0,398	597,224	2.642,873	0,264	397,851	1.340,602	0,134	0,017	10	90	2,72	0,47
2	3	78	3.438,056	0,344	468,954	2.343,044	0,234	372,273	1.095,012	0,110	0,034	10	90	2,83	1,33
3	4	80	3.901,689	0,390	501,339	2.156,571	0,215	361,171	1.745,118	0,175	0,010	8	92	3,15	3,28
4	5	81	786,724	0,079	129,161	669,783	0,067	118,678	116,941	0,012	0,007	13	87	3,82	0,56
5	D1	79	4.204,416	0,420	509,130	3.050,688	0,305	460,839	1.153,728	0,115	0,072	11	89	3,94	0,14
6	7	89	4.040,382	0,404	486,409	3.306,561	0,331	481,758	733,821	0,073	0,001	12	88	2,61	2,03
7	8	91	3.827,516	0,383	513,300	3.132,551	0,313	476,263	694,965	0,070	0,024	12	88	2,97	1,52
8	9	90	3.230,374	0,323	445,326	2.378,617	0,238	384,894	851,757	0,085	0,005	11	89	3,10	0,64
9	10	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005			3,25	0,72
10	11	92	2.359,317	0,236	400,347	1.867,707	0,187	362,535	491,610	0,049	0,027	12	88	3,45	0,84
11	D2	93	183,655	0,018	56,895	152,729	0,015	49,519	30,926	0,003	0,015	12	88	3,84	1,75
12	13	101	1.784,847	0,178	238,972	1.472,827	0,147	226,079	312,020	0,031	0,041	12	88	1,44	0,25
13	14	102	1.835,987	0,184	244,061	1.498,280	0,150	235,716	337,707	0,034	0,030	12	88	1,77	1,38
14	15	103	1.955,378	0,196	283,392	1.516,219	0,152	237,186	439,159	0,044	0,008	12	88	1,90	0,59
15	16	104	1.800,353	0,180	247,424	1.515,896	0,152	238,191	284,457	0,028	0,018	13	87	2,31	1,82
16	17	105	1.932,401	0,193	281,864	1.599,390	0,160	237,493	333,011	0,033	0,007	12	88	2,40	0,44
17	18	106	2.686,519	0,269	263,922	2.437,359	0,244	259,564	249,160	0,025	0,027	14	86	2,57	0,67

18	D3	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,101			2,68	0,39
19	18	107	603,573	0,600	132,218	462,135	0,046	88,104	141,438	0,554	0,011	11	89	1,03	0,51
20	21	115	2.299,033	0,230	288,109	1.931,028	0,193	282,557	368,005	0,037	0,013	13	87	1,43	0,46
21	22	116	2.126,297	0,213	282,682	1.776,578	0,178	268,557	349,719	0,035	0,029	13	87	1,76	1,37
22	23	117	2.137,365	0,214	342,438	1.704,607	0,170	266,870	432,758	0,044	0,006	12	88	1,89	0,59
23	D4	118	2.883,144	0,288	375,911	2.454,946	0,246	353,817	428,198	0,042	0,058	13	87	2,09	0,76
total:			125.000,501	125,740	7.089,078	140.070,389	14,007	6.159,915	11.930,112	12,733					

5.3.6 Resultados para drenaje pluvial en la Hoja de cálculo de Excel

Ancho de pozo=

1,00 m

gravedad =
Coef. De rugosidad n =

9,81 m/s²

0,009

Peso esp.del agua
Cama de arena =

g=

1000 Kg/m³

10 cm 0,10 m

DATOS INICIALES																									
Pozo		Longitudes (m)			Área (Km ²)			Parámetro p/Lluvia neta (para HEC-HMS)			Tiempo de concentración tc (min)			pendiente "S" m/m		tiempo de retardo : 0,6*tc ^{cri} _b	Lag para HEC-HMS	Caudales (calculado en HEC-HMS)		Rugosidad	Cálculo de Intensidad con fórmula de met. Racional			Diámetro	
De	A	propia	Tributaria	Acumulada	Propia	Tributaria	Acumulada	C N	S (mm)	la= 0,2S (mm)	Propia	Tributaria	Acumulada	Terreno	Tubería	Lag time (min)	lag (min)	Q _{diseño} m ³ /seg	Q _{diseño} L/seg		C (coef. Escorrentía)	Area (Ha)	I (L/s.Ha)	m	plg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	2	5,510	0,000	5,510	0,003983	0,000000	0,003983	98	5	1	0,18	4,53	4,71	0,017	0,010	2,72	0,46	0,01056	10,56	0,009	0,75	0,398	35,377	0,114	4,484
2	3	31,561	5,510	37,071	0,003438	0,003983	0,007422	98	5	1	0,53	4,71	5,25	0,034	0,010	2,83	1,32	0,01963	19,63	0,009	0,75	0,344	76,085	0,144	5,657
3	4	45,489	37,071	82,560	0,003902	0,007422	0,011323	98	5	1	1,12	5,25	6,37	0,010	0,010	3,15	3,22	0,02975	29,75	0,009	0,75	0,390	101,709	0,168	6,612
4	5	4,008	82,560	86,568	0,000787	0,011323	0,012110	98	5	1	0,20	6,37	6,57	0,007	0,010	3,82	0,56	0,03184	31,84	0,009	0,75	0,079	537,384	0,172	6,783
5	D 1	2,944	86,568	89,512	0,004204	0,012110	0,016314	98	5	1	0,06	6,57	6,63	0,072	0,010	3,94	0,14	0,04298	42,98	0,009	0,75	0,420	136,444	0,193	7,590
6	7	5,902	0,000	5,902	0,004040	0,000000	0,004040	98	5	1	0,61	3,74	4,36	0,001	0,010	2,25	2,20	0,01065	10,65	0,009	0,75	0,404	35,149	0,114	4,498
7	8	29,930	5,902	35,832	0,003828	0,004040	0,007868	98	5	1	0,59	4,36	4,95	0,024	0,010	2,61	1,53	0,02074	20,74	0,009	0,75	0,383	72,202	0,147	5,775
8	9	3,817	35,832	39,649	0,003230	0,007868	0,011098	98	5	1	0,22	4,95	5,17	0,005	0,010	2,97	0,64	0,02930	29,3	0,009	0,75	0,323	120,949	0,167	6,574
9	10	4,431	39,649	44,080	0,000000	0,011098	0,011098	98	5	1	0,24	5,17	5,41	0,005	0,010	3,10	0,71	0,02930	29,3	0,009	0,75	0,000	0,000	0,167	6,574
10	11	15,452	44,080	59,532	0,002359	0,011098	0,013458	98	5	1	0,34	5,41	5,75	0,027	0,010	3,25	0,84	0,03556	35,55	0,009	0,75	0,236	200,847	0,180	7,069
11	D 2	26,742	59,532	86,274	0,000184	0,000000	0,000184	98	5	1	0,65	5,75	6,40	0,015	0,010	3,45	1,77	0,03595	35,95	0,009	0,75	0,018	2662,963	0,180	7,098
12	13	4,382	0,000	4,382	0,00178	0,000184	0,001969	98	5	1	0,11	2,29	2,40	0,041	0,015	1,37	0,25	0,0047	4,73	0,009	0,75	0,17	35,431	0,07	3,07

					5												3				8		8	5	
13	14	30,609	4,382	34,991	0,001836	0,001969	0,003804	98	5	1	0,55	2,40	2,95	0,030	0,015	1,44	1,38	0,00957	9,57	0,009	0,75	0,184	69,348	0,102	4,005
14	15	4,614	34,991	39,605	0,001955	0,003804	0,005760	98	5	1	0,22	2,95	3,16	0,008	0,020	1,77	0,60	0,01475	14,75	0,009	0,75	0,196	100,340	0,113	4,463
15	16	31,390	39,605	70,995	0,001800	0,005760	0,007560	98	5	1	0,68	3,16	3,84	0,018	0,020	1,90	1,81	0,01947	19,47	0,009	0,75	0,180	144,222	0,126	4,953
16	17	2,986	70,995	73,981	0,001932	0,007560	0,009493	98	5	1	0,16	3,84	4,00	0,007	0,020	2,31	0,44	0,02459	24,59	0,009	0,75	0,193	169,879	0,137	5,406
17	18	11,639	73,981	85,620	0,002687	0,009493	0,012179	98	5	1	0,27	4,00	4,28	0,027	0,040	2,40	0,68	0,03170	31,7	0,009	0,75	0,269	157,125	0,133	5,221
18	D3	13,497	85,620	99,117	0,000000	0,012179	0,012179	98	5	1	0,18	4,28	4,46	0,101	0,030	2,57	0,39	0,03330	33,3	0,009	0,75	0,000	0,000	0,143	5,614
19	18	4,727	0,000	4,727	0,000604	0,000000	0,000604	98	5	1	0,19	1,53	1,72	0,011	0,007	0,92	0,50	0,00160	1,6	0,009	0,75	0,600	3,556	0,060	2,362
20	21	4,632	0,000	4,632	0,002299	0,000000	0,002299	98	5	1	0,18	2,21	2,39	0,013	0,015	1,33	0,46	0,00609	6,09	0,009	0,75	0,230	35,304	0,086	3,381
21	22	29,666	4,632	34,298	0,002126	0,002299	0,004425	98	5	1	0,55	2,39	2,94	0,029	0,015	1,43	1,38	0,01169	11,69	0,009	0,75	0,213	73,177	0,110	4,317
22	23	3,887	34,298	38,185	0,002137	0,006724	0,008862	98	5	1	0,21	2,94	3,15	0,006	0,015	1,76	0,59	0,01735	17,35	0,009	0,75	0,214	108,100	0,127	5,006
23	D4	21,840	38,185	60,025	0,002883	0,008862	0,011745	98	5	1	0,33	3,15	3,48	0,058	0,015	1,89	0,76	0,02499	24,99	0,009	0,75	0,288	115,694	0,146	5,740

Diámetro Comercial m	Q _{LL}	Q / Q _{LL}	v _{LL}		y (m)	A (m ²)	P (m)	T (m)	rh	V (m/s)	V ² /2g	E (m)	H	NF	V/V _{LL}	d/D (y/D)	Rh _{LL} /r _h	d (y)		Rh _L	V _{LL} m/s	F trac. (Pascal)		Tipo de Flujo	
			resultado	Confirmar														resultado	confirmar			resultado	confirmar		
			30	31														46	47			50	51		
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ
0,35	210,908	0,05	2,192	ok	0,0522	90,871	0,0090	0,2775	0,2494	0,032	1,1766	0,071	0,123	0,036	1,980	0,515	0,149	0,370	0,0522	ok	0,012	2,053	3,172	ok	Flujo Supercrítico
0,35	210,908	0,09	2,192	ok	0,0685	105,027	0,0133	0,3208	0,2777	0,041	1,4781	0,111	0,180	0,048	2,158	0,607	0,196	0,473	0,0685	ok	0,020	2,629	4,061	ok	Flujo Supercrítico
0,35	210,908	0,14	2,192	ok	0,0785	113,070	0,0161	0,3454	0,2920	0,047	1,8443	0,173	0,252	0,055	2,505	0,658	0,224	0,534	0,0785	ok	0,025	2,966	4,582	ok	Flujo Supercrítico
0,35	210,908	0,15	2,192	ok	0,0798	114,087	0,0165	0,3485	0,2937	0,047	1,9284	0,190	0,269	0,056	2,597	0,664	0,228	0,542	0,0798	ok	0,026	3,009	4,648	ok	Flujo Supercrítico
0,35	210,908	0,20	2,192	ok	0,0890	121,131	0,0193	0,3700	0,3048	0,052	2,2309	0,254	0,343	0,063	2,833	0,708	0,254	0,595	0,0890	ok	0,031	3,306	5,108	ok	Flujo Supercrítico
0,35	210,908	0,05	2,192	ok	0,0535	92,059	0,0093	0,2812	0,2519	0,033	1,1451	0,067	0,120	0,037	1,903	0,523	0,153	0,378	0,0535	ok	0,013	2,100	3,245	ok	Flujo Supercrítico
0,35	210,908	0,10	2,192	ok	0,0742	109,661	0,0149	0,3349	0,2861	0,044	1,3931	0,099	0,173	0,052	1,950	0,637	0,212	0,508	0,0742	ok	0,023	2,822	4,360	ok	Flujo Supercrítico
0,35	210,908	0,14	2,192	ok	0,0882	120,529	0,0190	0,3681	0,3039	0,052	1,5403	0,121	0,209	0,063	1,966	0,704	0,252	0,591	0,0882	ok	0,031	3,281	5,069	ok	Flujo Supercrítico
0,35	210,908	0,14	2,192	ok	0,0882	120,529	0,0190	0,3681	0,3039	0,052	1,5403	0,121	0,209	0,063	1,966	0,704	0,252	0,591	0,0882	ok	0,031	3,281	5,069	ok	Flujo Supercrítico
0,35	210,908	0,17	2,192	ok	0,0973	127,281	0,0218	0,3888	0,3136	0,056	1,6283	0,135	0,232	0,070	1,970	0,744	0,278	0,642	0,0973	ok	0,036	3,566	5,509	ok	Flujo Supercrítico
0,35	210,908	0,17	2,192	ok	0,0979	127,719	0,0220	0,3901	0,3142	0,056	1,6325	0,136	0,234	0,070	1,969	0,747	0,280	0,645	0,0979	ok	0,036	3,584	5,538	ok	Flujo Supercrítico
0,35	258,309	0,02	2,685	ok	0,0329	71,416	0,0046	0,2181	0,2043	0,021	1,0345	0,055	0,087	0,022	2,208	0,386	0,094	0,240	0,0329	bajo	0,005	1,331	3,084	ok	Flujo Supercrítico
0,35	258,309	0,04	2,685	ok	0,0461	85,120	0,0075	0,2600	0,2367	0,029	1,2774	0,083	0,129	0,032	2,293	0,477	0,132	0,329	0,0461	bajo	0,009	1,830	4,240	ok	Flujo Supercrítico
0,35	298,269	0,05	3,100	ok	0,0530	91,604	0,0092	0,2798	0,2509	0,033	1,6077	0,132	0,185	0,037	2,684	0,520	0,151	0,375	0,0530	ok	0,012	2,082	6,434	ok	Flujo Supercrítico
0,35	298,269	0,07	3,100	ok	0,0607	98,442	0,0112	0,3007	0,2650	0,037	1,7442	0,155	0,216	0,042	2,714	0,565	0,173	0,424	0,0607	ok	0,016	2,357	7,284	ok	Flujo Supercrítico
0,35	298,269	0,08	3,100	ok	0,0680	104,614	0,0131	0,3195	0,2770	0,041	1,8712	0,178	0,246	0,047	2,743	0,605	0,194	0,470	0,0680	ok	0,019	2,612	8,069	ok	Flujo Supercrítico
0,35	421,816	0,08	4,384	ok	0,0650	102,110	0,0123	0,3119	0,2722	0,039	2,5735	0,338	0,403	0,045	3,863	0,588	0,186	0,451	0,0650	ok	0,018	2,508	15,498	ok	Flujo Supercrítico
0,35	365,304	0,09	3,797	ok	0,0715	107,483	0,0141	0,3283	0,2822	0,043	2,3583	0,283	0,355	0,050	3,366	0,623	0,204	0,492	0,0715	ok	0,021	2,731	12,658	ok	Flujo Supercrítico

0,25	71,940	0,0 2	1,466	ok	0,025 8	74,954	0,002 7	0,163 5	0,152 1	0,01 6	0,598 0	0,01 8	0,04 4	0,01 8	1,44 0	0,40 9	0,10 3	0,262	0,0258	bajo	0,004	1,22 9	1,124	baja	Flujo Supercrítico
0,35	258,30 9	0,0 2	2,685	ok	0,037 1	76,002	0,005 5	0,232 1	0,215 5	0,02 3	1,116 6	0,06 4	0,10 1	0,02 5	2,24 1	0,41 6	0,10 6	0,269	0,0371	bajo	0,006	1,49 2	3,457	ok	Flujo Supercrítico
0,35	258,30 9	0,0 5	2,685	ok	0,050 8	89,577	0,008 6	0,273 6	0,246 6	0,03 2	1,355 0	0,09 4	0,14 4	0,03 5	2,31 3	0,50 6	0,14 5	0,360	0,0508	ok	0,011	2,00 2	4,640	ok	Flujo Supercrítico
0,35	258,30 9	0,0 7	2,685	ok	0,061 5	99,132	0,011 4	0,302 8	0,266 4	0,03 8	1,525 3	0,11 9	0,18 0	0,04 3	2,35 7	0,56 9	0,17 6	0,429	0,0615	ok	0,016	2,38 6	5,528	ok	Flujo Supercrítico
0,35	258,30 9	0,1 0	2,685	ok	0,073 6	109,17 9	0,014 7	0,333 5	0,285 3	0,04 4	1,698 2	0,14 7	0,22 1	0,05 2	2,38 7	0,63 4	0,21 0	0,504	0,0736	ok	0,022	2,80 2	6,494	ok	Flujo Supercrítico

Datos el pozo					Empate por la línea de energía para flujo subcrítico					Empate por la línea de energía para flujo supercrítico										Entrada sumergida	
rc	Tramo		Pozo No.	Dp z	Pérdida por cambio de dirección		Pérdida por transición		Pérdida total	Tipo de entrada	K supercrítico	Cálculo para entrada no sumergida									caída en el pozo
	D e	A			K subcrítico	K x (Ventrada2/2g)	K subcrítico	K x (V22/2g - V12/2g)				c	Z	yc	Ac	Vc	Ec	Hc	Hp	caída en el pozo	
53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV
1	1	2	1	1						Entrada No Sumergida	1,200	130,403	7,2218	0,1016	0,0232	0,8465	0,0365	0,1381	0,000299	0,166	
1	2	3	2	1						Entrada No Sumergida	1,200	147,480	7,2251	0,1260	0,0312	0,9541	0,0464	0,1724	0,000908	0,208	
1	3	4	3	1						Entrada No Sumergida	1,200	150,537	7,2229	0,1305	0,0327	0,9737	0,0483	0,1788	0,001088	0,216	
1	4	5	4	1						Entrada No Sumergida	1,200	165,292	7,2257	0,1526	0,0403	1,0668	0,0580	0,2106	0,002424	0,256	
1	5	D1	5	1						Entrada No Sumergida	1,200								0,000058		
1	6	7	6	1						Entrada No Sumergida	1,200	132,486	7,2187	0,1045	0,0241	0,8600	0,0377	0,1422	0,000346	0,171	
1	7	8	7	1						Entrada No Sumergida	1,200	146,797	7,2243	0,1250	0,0308	0,9499	0,0460	0,1710	0,000871	0,206	
1	8	9	8	1						Entrada No Sumergida	1,200	146,797	7,2243	0,1250	0,0308	0,9499	0,0460	0,1710	0,000871	0,206	
1	9	10	9	1						Entrada No Sumergida	1,200	155,722	7,2231	0,1382	0,0353	1,0065	0,0516	0,1898	0,001460	0,230	
1	10	11	10	1						Entrada No Sumergida	1,200	156,257	7,2224	0,1390	0,0356	1,0100	0,0520	0,1910	0,001504	0,231	
1	11	D2	11	1						Entrada No Sumergida	1,200								0,000007		
1	12	13	12	1						Entrada No Sumergida	1,200	106,506	7,2242	0,0703	0,0138	0,6944	0,0246	0,0949	0,000044	0,114	
1	13	14	13	1						Entrada No	1,200	120,15	7,220	0,087	0,018	0,781	0,031	0,118	0,00013	0,14	

5.4 Presupuesto

El costo aproximado del proyecto asciende a C\$ 11, 770,998.47 (Once millones setecientos setenta mil novecientos noventa y ocho Córdoba con 47/100), que equivale a US\$ 467.103 (Cuatrocientos sesenta y siete mil ciento tres Córdoba), aplicando una tasa de cambio de C\$ 25.20 por US\$1.00.

Se realizó una valoración aproximada del costo del proyecto. El cálculo de los costos, se realizó, basándose en costos actuales de mano de obra, materiales y equipos y con el fin de racionalizar la inversión y facilitar la ejecución del proyecto en el período de diseño. Se tomó en referencia la guía de Maestros de Costos Primarios y Costos Complejos del Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE), con costos aproximados para cubrir la ejecución en el período de diseño. Se procuró incluir la construcción de obras que comprendieran todos los componentes del sistema utilizando como materiales de referencia la tubería "P.V.C" y de Concreto por sus ventajas técnicas, constructivas y económicas. Ver tabla nº 7.

Tabla N° 7
Costo estimado para el desarrollo del proyecto

CONCEPTO	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (C\$)	COSTO TOTAL (C\$)	COSTO UNITARIO (C\$)	COSTO TOTAL (C\$)
PRELIMINARES						
Movilización	Glb	1.00	45,804.84	45,804.84	57,487.35	57,487.35
MOVIMIENTO DE TIERRAS						
Destape de Banco de Préstamo	M3	800.00	51.74	41,392.00	64.94	51,949.01
Excavación en la Vía	M3	3,600.00	109.88	395,568.00	137.90	496,457.47
Subexcavación	M3	1,200.00	114.73	137,676.00	143.99	172,790.21
Préstamo No Clasificado	M3	2,160.00	147.47	318,535.20	185.08	399,777.49
Sobreacarreo de Préstamo	M3 - Km	4,320.00	24.27	104,846.40	30.46	131,587.44
CAPAS SUPERFICIALES DE AGREGADOS						
Capa de Revestimiento de grava natural Clase 2	M3	2,250.00	96.72	217,620.00	121.39	273,123.90
OBRAS MISCELANEAS						
Revestido de Cauce, Tipo	M3	73.60	347.88	25,603.97	436.61	32,134.25
Bordillo	M	10,000.00	152.77	1,527,700.00	191.73	1,917,339.33
PAVIMENTOS SEMIRÍGIDOS						
Pavimento de adoquines de concreto	M2	21,000.00	250.48	5,260,080.00	314.36	6,601,661.48
Total Costos Directos				8074,826.41		10134,307.93
Total Costos Indirectos 12.06%				973,662.81		
Sub Total				9048,489.22		
Total Costo Administración 7 %				633,394.25		
Total Costo Utilidades 5 %				452,424.46		
Total Costo de Sin Impuestos				10134,307.93		
Total Impuesto Municipal (1%)				101,343.08		101,343.08
Total Impuesto al Valor Agregado (IVA 15%)				1535,347.65		1535,347.65
Total Costo con Impuestos				11770,998.66		11770,998.66

6.1 CONCLUSIONES

Del presente estudio se puede concluir:

-) Para este diseño se consideró una única alternativa de trazado de la red del alcantarillado pluvial, tomando en cuenta la condición favorable de la topografía del terreno.
-) Este diseño se proyectó para 25 años de vida útil y con un periodo de ocurrencia de un evento de 50 años, dando a una cobertura del 100% del área del proyecto.
-) Los materiales de las tuberías será de PVC y de concreto principalmente comercial, por ventajas presentadas en el Capítulo IV, las tuberías van desde 250 mm y 350 mm para PVC y desde Ø18" hasta Ø48" en concreto.
-) En el drenaje pluvial se tomó en cuenta una única alternativa aprovechando la pendiente y la ubicación del cauce de Villa Libertad, ubicándose cuatro redes independientes entre sí transversalmente y a lo largo del Barrio para desviar los caudales de lluvia hacia el cauce.
-) Para el análisis de drenaje pluvial se hizo uso de una hoja de cálculo de Excel, así como del programa HEC-HMS para el análisis hidrológico y cálculo de caudales, y el programa H-canales para cálculo de tirante normal y crítico.
-) En la evaluación del impacto ambiental, se determinan las acciones y métodos de mitigación necesarios para desarrollar la obra. Se propone una evaluación como tal, dada la magnitud de la obra y además de establecer criterios mínimos para el proyecto.
-) Los costos de las principales obras a desarrollar, se toman en cuenta con referentes de obras similares de costos primarios del FISE.

6.2 RECOMENDACIONES

-) Tomando en cuenta que este diseño se limita a una propuesta, se recomienda que de ejecutarse, la instancia correspondiente actualice los planos del área de estudio, así como la ubicación de las colectoras e interceptores de Managua para los futuros diseños.
-) Revestir el cauce o construir un muro de contención a lo largo del trayecto del cauce, ubicado en el costado oeste del barrio, y reubicar a las personas que están en zonas vulnerables del barrio tales como los bordes del cauce, por posibles inundaciones y erosión del mismo.
-) En inviernos fuertes las aguas arrastran materiales orgánicos e inorgánicos; el volumen de estos arrastres puede llegar a representar una proporción apreciable del gasto líquido, por lo que se requiere una inspección y mantenimiento constante de las obras para garantizar el buen funcionamiento de las mismas y evitar el azolvamiento que reduce la capacidad hidráulica.
-) Definir estrategias de sensibilización hacia la población beneficiada para que estas hagan un buen uso de servicio que se les va a brindar.
-) Promover una organización de pobladores más eficiente para que se le formulen iniciativas de proyectos en pro del desarrollo del barrio y se gestionen recursos Para financiar dichos proyectos.
-) Es de suma importancia el revestimiento de las calles ya que esto evitaría la erosión de las mismas y por consiguiente la obstrucción de las obras propuestas.

7. BIBLIOGRAFIA

- ∞ Cuenca Hidrológica. Rodríguez G. J. M. (2001)
- ∞ Suárez R., A. E. y M. Muñoz A. (1988): Elementos Fundamentales de Hidráulica.
- ∞ Hidráulica de tuberías y canales, Arturo Rocha Felices.
- ∞ Hidrología Aplicada. Ven Te Chow, DavMaidment R. Larry W Mays.
- ∞ http://www.enacal.com.ni/publicacion/02_03_03.html
- ∞ <http://es.wikipedia.org/wiki/Managua>.
- ∞ Departamento de Formulación y evaluación de proyectos, Alcaldía de Managua. Distrito VI y VII, Ing. Henry Morales y Constantino Tapia.
- ∞ Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial en la cuenca sur de la ciudad de Ocotal. María José castro Alfaro, Denis Uriel Castellón Aguirre.
- ∞ Distribución de agua potable y colecta de desagües y de agua de lluvia. Francois G. Briére. 2005.
- ∞ <http://www.ineter.gob.ni/>

**ANEXO I:
DATOS BASICOS
PRECIPITACION INETER**

1) PRECIPITACIÓN (mm) ANUAL
 INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
 DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
 RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA / MANAGUA

Código: 69 027

Años: 1958 - 2007

Parámetro: precipitación (mm)

Latitud: 12° 08' 36" N

Longitud: 86° 09' 49" W

Elevación: 56 msnm

Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1958	0.0	0.0	32.0	0.0	184.3	530.5	170.9	83.0	156.1	204.5	75.1	1.2	1,437.60
1959	0.3	2.0	0.2	0.0	44.2	224.4	72.5	82.8	146.5	286.8	17.7	0.8	878.2
1960	9.1	2.1	0.2	3.8	130.5	212.4	193.2	270.8	183.6	263.3	50.1	1.0	1,320.10
1961	1.1	0.3	0.0	0.0	8.4	240.9	170.1	40.3	240.2	152.4	90.5	20.6	964.8
1962	9.1	0.0	3.5	3.3	7.8	258.8	105.0	193.9	207.7	397.7	15.5	7.5	1,209.80
1963	5.8	0.8	0.0	1.5	17.0	183.0	86.6	106.9	156.5	110.0	86.7	8.5	763.3
1964	1.7	0.0	0.4	32.9	136.3	422.2	207.0	154.2	91.8	340.8	27.4	5.8	1,420.50
1965	4.8	0.5	0.4	0.0	130.5	129.2	85.3	97.0	130.2	153.8	35.0	9.5	776.2
1966	0.0	0.0	0.0	0.2	149.8	383.8	220.3	137.1	203.1	238.4	13.9	37.0	1,383.60
1967	2.2	0.2	2.6	0.6	3.8	222.7	119.5	51.1	192.8	123.7	91.3	13.7	824.2
1968	8.3	0.0	0.0	0.7	207.2	228.3	74.6	103.4	267.9	341.1	25.9	9.2	1,266.60
1969	5.6	0.0	0.0	21.7	94.3	252.0	104.2	262.7	255.7	302.7	64.1	5.5	1,368.50
1970	5.9	1.4	7.2	13.0	98.0	95.6	128.2	203.5	275.9	116.9	111.3	25.1	1082.0
1971	17.1	1.5	0.0	0.2	226.1	137.3	207.5	132.4	367.3	159.6	22.8	21.6	1,293.40
1972	4.9	0.2	0.0	0.0	158.2	81.6	79.8	100.0	116.1	79.7	46.0	3.2	669.7
1973	0.1	0.3	0.0	3.9	212.0	182.1	267.3	361.8	239.9	430.3	37.5	7.7	1,742.90
1974	15.2	0.5	0.1	0.0	105.8	148.3	50.3	140.1	331.8	64.4	3.6	8.7	868.8
1975	17.1	0.0	0.0	0.0	207.2	241.3	137.8	198.6	324.5	182.0	56.3	0.2	1365.0
1976	0.8	0.6	3.0	0.2	21.1	156.7	57.3	152.0	69.5	265.3	14.2	3.7	744.4
1977	0.0	0.0	0.0	0.0	84.0	210.2	56.7	74.0	94.9	134.9	155.8	2.2	812.7
1978	1.1	0.0	0.0	29.3	167.9	121.9	160.9	161.0	152.4	148.3	31.6	33.7	1,008.10
1979	4.2	0.0	0.0	14.0	43.1	268.8	135.5	158.2	238.4	162.1	23.4	11.0	1,058.70
1980	5.0	0.0	0.0	0.0	164.9	199.1	154.3	146.9	189.5	312.7	202.6	1.0	1376.0
1981	0.0	1.1	91.2	6.1	195.7	203.2	140.9	175.7	252.0	153.3	74.2	12.7	1,306.10
1982	7.3	9.8	3.0	12.4	519.4	200.5	118.0	44.8	219.1	190.0	29.3	0.8	1,354.40
1983	0.5	27.9	4.0	24.8	56.8	138.2	125.3	116.6	184.2	92.9	31.0	4.5	806.7
1984	1.9	0.6	0.1	0.5	63.2	230.5	221.1	149.9	296.5	133.1	54.2	0.3	1,151.90
1985	0.0	0.9	0.4	14.7	307.2	127.6	101.2	163.6	114.4	379.4	37.6	4.9	1,251.90
1986	0.5	9.0	0.0	0.0	213.3	85.5	107.0	148.4	122.7	58.6	32.9	2.3	780.2

1987	6.0	0.0	0.9	0.0	70.7	153.3	311.4	167.7	228.4	128.7	5.3	30.4	1,102.80
1988	2.0	3.2	0.0	3.8	104.5	346.4	220.8	302.7	276.8	392.7	12.9	13.8	1,679.60
1989	0.4	0.0	0.0	0.0	5.4	130.0	118.3	82.8	315.7	54.7	50.6	27.3	785.2
1990	1.2	1.2	0.0	3.7	89.7	114.1	103.9	114.9	85.3	100.9	132.3	8.6	755.8
1991	1.8	2.4	0.0	0.5	203.2	152.4	76.0	106.6	188.0	221.1	25.9	2.6	980.5
1992	0.3	0.0	0.0	0.0	86.7	159.0	119.4	61.7	143.2	114.4	4.1	16.0	704.8
1993	1.3	0.0	0.0	29.2	347.1	101.1	104.7	287.2	345.3	117.5	85.2	1.4	1420.0
1994	2.9	0.6	2.7	129.1	83.2	49.3	97.4	109.4	167.7	223.1	143.3	10.2	1,018.90
1995	0.0	0.0	16.0	115.6	20.6	212.3	112.3	326.1	297.4	202.6	43.9	13.4	1,360.20
1996	21.3	0.0	5.3	0.0	240.8	221.6	282.3	116.6	275.9	315.6	127.1	2.1	1,608.60
1997	5.8	0.5	0.4	1.3	14.1	291.7	57.5	82.3	99.3	246.2	63.3	0.0	862.4
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	50.6	117.2	100.5	119.2	229.8	836.4	91.6	19.7	1565.0
1999	4.1	56.5	6.9	37.2	45.2	141.5	195.9	168.6	348.9	192.1	56.7	0.3	1,253.90
2000	2.7	0.2	0.1	4.3	72.8	118.1	103.0	63.5	452.7	121.8	12.7	5.2	957.1
2001	0.6	1.7	0.0	0.0	122.7	79.4	103.5	173.4	256.4	102.8	21.2	0.3	862.0
2002	2.3	1.4	0.0	0.5	473.7	98.4	106.3	154.9	237.0	130.8	18.5	0.8	1,224.60
2003	1.1	0.0	9.1	113.7	211.4	260.7	100.0	100.6	151.6	176.6	99.0	5.8	1,229.60
2004	6.9	0.2	1.2	0.0	162.7	140.3	112.2	77.1	62.1	231.7	24.6	0.2	819.2
2005	0.1	0.0	0.0	31.1	289.2	220.1	105.3	196.2	238.7	243.2	70.8	0.4	1,395.10
2006	8.1	0.2	2.7	0.1	40.2	138.2	136.4	74.6	130.9	105.0	44.2	2.7	683.3
2007	0.0	0.0	0.8	25.8	251.9	108.7	140.3	292.0	219.6	300.0	61.3	11.5	1,411.90
2008	2.0	0.7	2.4	3.4	226.1	126.3	276.8	125.7	213.0	455.6	7.2	0.3	1,439.50
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	91.3	171.1	106.6	75.3	107.4	163.2	63.4	17.8	796.1
2010	0.0	0.0	0.0	103.7	293.2	229.7	253.4	331.7	379.2	103.9	80.9	0.2	1,775.90
2011	3.6	0.0	0.2	0.0	200.9	177.5	341.0	70.9	372.9	340.1	43.2	19.4	1,569.70
2012	3.0	1.9	0.0	35.4	349.2	133.5	108.9	169.2	125.7	193.2	2.5	3.5	1126.0
2013	1.1	0.9	0.0	0.0	60.0	285.3	156.1	85.9	330.2	93.8	49.2	7.9	1,070.40
Suma	208.2	131.3	197.0	822.2	8,165.10	10,593.80	7,908.50	8,247.50	12,100.30	11,886.40	2,998.40	485.7	63,744.40
Media	3.7	2.3	3.5	14.7	145.8	189.2	141.2	147.3	216.1	212.3	53.5	8.7	1,138.30
Max	21.3	56.5	91.2	129.1	519.4	530.5	341.0	361.8	452.7	836.4	202.6	37.0	1,775.90
Min	0.5	0.5	0.8	0.5	3.8	49.3	50.3	40.3	62.1	54.7	2.5	0.8	669.7

2) Humedad relativa máxima absoluta (%) anual.
INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA / MANAGUA

Latitud: 12° 08' 36" N

Código: 69 027

Longitud: 86° 09' 49" W

Años: 1958 - 2007

Elevación: 56 msnm

Parámetro: humedad relativa máxima absoluta (%)

Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1958	84.0	82.0	77.0	78.0	92.0	95.0	95.0	95.0	93.0	94.0	95.0	84.0	88.7
1959	81.0	80.0	76.0	77.0	89.0	96.0	90.0	92.0	92.0	91.0	89.0	83.0	86.3
1960	85.0	84.0	70.0	79.0	87.0	88.0	94.0	91.0	90.0	93.0	89.0	81.0	85.9
1961	82.0	73.0	78.0	77.0	87.0	95.0	92.0	92.0	96.0	96.0	95.0	92.0	87.9
1962	92.0	85.0	82.0	80.0	89.0	97.0	97.0	95.0	94.0	97.0	90.0	85.0	90.3
1963	82.0	80.0	80.0	84.0	78.0	95.0	92.0	90.0	96.0	92.0	98.0	89.0	88.0
1964	81.0	73.0	78.0	90.0	94.0	97.0	91.0	88.0	93.0	96.0	90.0	89.0	88.3
1965	81.0	79.0	79.0	76.0	85.0	92.0	86.0	85.0	92.0	89.0	87.0	86.0	84.8
1966	77.0	76.0	77.0	78.0	89.0	97.0	92.0	92.0	93.0	93.0	95.0	93.0	87.7
1967	86.0	74.0	74.0	81.0	83.0	97.0	92.0	96.0	91.0	92.0	93.0	86.0	87.1
1968	83.0	75.0	70.0	75.0	92.0	92.0	90.0	90.0	91.0	90.0	88.0	84.0	85.0
1969	78.0	76.0	73.0	79.0	89.0	97.0	90.0	94.0	96.0	97.0	90.0	84.0	86.9
1970	82.0	74.0	79.0	80.0	85.0	81.0	87.0	83.0	83.0	86.0	85.0	89.0	82.8
1971	88.0	81.0	80.0	86.0	93.0	98.0	99.0	95.0	96.0	94.0	89.0	89.0	90.7
1972	90.0	77.0	75.0	69.0	98.0	96.0	85.0	83.0	86.0	87.0	84.0	83.0	84.4
1973	-	68.0	69.0	72.0	94.0	89.0	94.0	96.0	90.0	94.0	93.0	84.0	85.7
1974	89.0	79.0	70.0	70.0	87.0	92.0	91.0	89.0	92.0	89.0	87.0	86.0	85.1
1975	80.0	73.0	68.0	66.0	81.0	83.0	88.0	91.0	94.0	94.0	93.0	80.0	82.6
1976	78.0	72.0	76.0	74.0	81.0	94.0	89.0	87.0	84.0	91.0	90.0	83.0	83.3
1977	75.0	67.0	70.0	65.0	92.0	92.0	88.0	87.0	95.0	90.0	93.0	84.0	83.2
1978	76.0	74.0	73.0	72.0	92.0	94.0	91.0	88.0	90.0	93.0	87.0	88.0	84.8
1979	86.0	73.0	73.0	81.0	81.0	93.0	90.0	90.0	94.0	95.0	94.0	86.0	86.3
1980	80.0	74.0	69.0	66.0	90.0	91.0	92.0	94.0	94.0	94.0	91.0	82.0	84.8
1981	72.0	73.0	73.0	71.0	90.0	93.0	89.0	92.0	92.0	93.0	92.0	85.0	84.6
1982	83.0	81.0	70.0	79.0	96.0	89.0	88.0	87.0	96.0	93.0	87.0	98.0	87.3
1983	94.0	96.0	76.0	71.0	88.0	94.0	92.0	96.0	93.0	98.0	90.0	85.0	89.4
1984	84.0	80.0	69.0	72.0	86.0	94.0	91.0	93.0	99.0	92.0	93.0	81.0	86.2
1985	74.0	74.0	67.0	85.0	87.0	87.0	88.0	92.0	87.0	98.0	94.0	83.0	84.7
1986	75.0	80.0	69.0	67.0	93.0	92.0	89.0	91.0	88.0	91.0	83.0	79.0	83.1

1987	76.0	73.0	69.0	73.0	83.0	88.0	90.0	90.0	89.0	88.0	80.0	82.0	81.8
1988	79.0	73.0	67.0	70.0	-	91.0	90.0	-	90.0	92.0	86.0	85.0	82.3
1989	-	71.0	70.0	65.0	80.0	89.0	95.0	90.0	96.0	88.0	91.0	90.0	84.1
1990	80.0	79.0	73.0	65.0	88.0	88.0	92.0	86.0	87.0	89.0	94.0	83.0	83.7
1991	79.0	72.0	71.0	68.0	93.0	88.0	86.0	88.0	91.0	91.0	83.0	79.0	82.4
1992	75.0	73.0	70.0	67.0	83.0	84.0	90.0	88.0	90.0	87.0	83.0	81.0	80.9
1993	81.0	69.0	66.0	78.0	97.0	90.0	89.0	93.0	95.0	86.0	86.0	80.0	84.2
1994	80.0	76.0	72.0	80.0	86.0	94.0	84.0	90.0	93.0	87.0	90.0	84.0	84.7
1995	76.0	71.0	77.0	82.0	79.0	92.0	91.0	90.0	92.0	92.0	89.0	85.0	84.7
1996	93.0	78.0	70.0	70.0	90.0	90.0	94.0	88.0	90.0	95.0	95.0	78.0	85.9
1997	83.0	71.0	70.0	75.0	69.0	96.0	91.0	85.0	91.0	95.0	88.0	82.0	83.0
1998	75.0	75.0	67.0	64.0	86.0	90.0	85.0	86.0	93.0	97.0	90.0	83.0	82.6
1999	79.0	75.0	73.0	76.0	81.0	93.0	89.0	85.0	96.0	93.0	90.0	78.0	84.0
2000	81.0	68.0	70.0	73.0	87.0	90.0	87.0	88.0	91.0	95.0	86.0	78.0	82.8
2001	73.0	73.0	67.0	67.0	88.0	87.0	88.0	86.0	91.0	89.0	89.0	76.0	81.2
2002	75.0	73.0	67.0	73.0	97.0	90.0	89.0	86.0	92.0	86.0	86.0	79.0	82.8
2003	71.0	69.0	85.0	77.0	87.0	94.0	87.0	84.0	87.0	87.0	84.0	85.0	83.1
2004	78.0	73.0	68.0	67.0	89.0	89.0	88.0	86.0	91.0	88.0	91.0	79.0	82.3
2005	72.0	70.0	71.0	74.0	92.0	92.0	88.0	91.0	90.0	93.0	89.0	79.0	83.4
2006	80.0	80.0	77.0	67.0	86.0	89.0	85.0	89.0	90.0	96.0	89.0	79.0	83.9
2007	73.0	70.0	65.0	75.0	91.0	85.0	89.0	89.0	88.0	92.0	84.0	81.0	81.8
Suma	3857.0	3765.0	3625.0	3706.0	4300.0	4579.0	4499.0	4392.0	4583.0	4598.0	4467.0	4187.0	4241.0
Media													
80.4	75.3	72.5	74.1	87.8	91.6	90.0	89.6	91.7	92.0	89.3	83.7	84.8	
Máximo													
94.0	96.0	85.0	90.0	98.0	98.0	99.0	96.0	99.0	98.0	98.0	98.0	1088.0	
Mínimo													
71.0	67.0	65.0	64.0	69.0	81.0	84.0	83.0	83.0	86.0	80.0	76.0	823.0	

3) Precipitación (mm) diario.

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO DIARIO

Estación: - AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA / MANAGUA

Latitud: 12° 08' 36" N

Código: 69 027

Longitud: 86° 09' 49" W

Año: 1998

Elevación: 56 msnm

Parámetro: precipitación (mm)

Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	13.0	0.2	0.0	34.7	0.0	53.2
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.1	5.5	25.6	1.2	1.2	0.0	34.3
3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	16.0	0.0	1.3	0.0	14.4	0.6	0.0	35.9
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	1.5	0.0	5.7
5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	44.0	17.2	13.0	0.0	75.6
6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	13.0	20.6	16.3	5.1	0.0	1.8	61.3
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.7	33.0	9.1	0.0	19.8	0.0	0.0	73.6
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	16.3	4.0	25.7
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	1.0	7.8	6.5	0.0	19.6
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.2	0.3	0.0	43.5
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.7	2.4	2.1	0.0	5.6
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.4	0.0	2.1	1.6	0.2	9.7
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6	1.5	9.3	13.6	0.1	0.0	39.1
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	45.5	35.5	0.0	0.0	85.8
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.5	0.0	5.7	59.2	0.0	0.0	69.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	5.2	3.1	0.5	26.4	0.0	0.0	44.8
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.2	21.5	0.0	0.0	22.6
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.7	8.8	0.0	30.5
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	2.4
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	0.0	18.5	0.0	0.0	0.2	10.3	45.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.5	0.0	0.6	0.5	51.9	0.3	0.7	77.5
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	3.7	0.0	0.0	55.5	1.3	0.0	73.3
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.3	37.6	47.9	0.0	0.0	88.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	0.2	0.0	0.0	0.1	4.7	3.1	0.0	27.1
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	19.1	0.0	18.7	0.4	14.6	0.0	2.7	56.2
26	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	4.4	0.0	0.0	34.8	0.0	0.0	45.9
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.8	23.5	14.1	0.0	0.0	39.1
28	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.3	0.0	9.9	2.6	99.7	0.0	0.0	114.1
29	0.0	-	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0	0.3	3.0	95.7	0.0	0.0	111.5

30	0.0	-	0.0	0.0	0.2	0.0	1.1	0.9	7.3	91.0	0.0	0.0	100.5
31	0.0	-	0.0	-	0.4	-	-	13.8	-	35.4	-	0.0	49.6
Suma	0.0	0.0	0.0	0.0	50.6	117.9	100.5	119.2	229.8	836.4	91.6	19.7	1565.7
Suma 1-10													
0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	32.7	56.8	49.5	91.3	108.7	74.1	5.8	428.4	
Suma 11-20													
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.4	34.5	24.4	63.5	182.4	12.8	10.5	354.5	
Suma 21-31													
0.0	0.0	0.0	0.0	41.1	58.8	9.2	45.3	75.0	545.3	4.7	3.4	782.8	
Media													
0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	3.9	3.4	3.8	7.7	27.0	3.1	0.6	-	
Máximo													
0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	23.5	33.0	20.6	45.5	99.7	34.7	10.3		
Mínimo													
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Lluvia													
0	0	0	0	8	12	13	15	15	26	12	5	106	
Sin lluvia													
31	28	31	30	23	18	17	16	15	5	18	26	258	
Sin datos													
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	

4) Precipitación Horaria
INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
INETER
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
SERVICIOS METEOROLOGICOS AL PÚBLICO

Estación: Managua
Código: 69027
Año: 1998
Mes: Octubre
Parámetros: Precipitación Horaria

Latitud: 12°08'36"
Longitud: 86°09'49"
Elevación: 56 msnm
Tipo : HMP

Días/hora	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Medi	
1													3,0	0,0	0,3	3,1	1,2						0,				2,5	4,5	6,6	1,1	2,3	
2															1,0	0,9	0,4										1,0	6,2	5,7	6,6	3,1	
3															1,5	0,2						11,					0,5	6,8	9,0	3,9	4,8	
4															0,1							35,					0,4	2,1	10,0	1,1	8,1	
5																						2,9					1,4	8,9	7,0	0,2	4,1	
6																						0,5							3,8	14,	6,2	
7																						0,8					3,6	8,1	6,0	14,	6,6	
8																									1,	2,1	4,1	5,0	5,3	3,6		
9												2,															0,9	1,9	4,0	8,4	3,5	
10	0,					0,6						0,															3,0	2,3	4,3	3,6	2,2	
11	0,																						0,	0,7		0,	6,6	0,5	5,2	0,3	1,8	
12											0,		10,											1,4		0,	3,7	1,3	3,9		3,1	
13				5,									5,5													1,	2,0	1,0	5,8		4,7	
14		1,9			4,8	16,				0,																0,	1,0	1,2	2,0		3,2	
15		7,9		0,		0,4		6,														1,		0,	17,	16,	0,	1,5	1,8	3,8		4,9
16		0,8		0,				0,					8,4			0,3						0,			10,	10,		4,4	1,8	4,1		3,9
17		0,4								0,2			0,9			3,0						0,					2,1	2,0	1,1	2,5		1,4
18		0,4									0,	0,	0,1			0,4											2,0	6,5	0,2	2,0		1,4
19		2,1								0,1		2,				0,8	0,6						6,7			1,7	4,8	0,9	5,3		2,5	
20		0,3				0,1		0,	1,1	1,7	0,	1,				3,9	19,					0,	38,	0,		0,3	1,9	1,2	2,1		4,6	
21		0,2						0,	8,5		0,	0,		29,	11,	5,5	1,1										3,3	2,7	1,7		5,0	
22								0,	12,			0,	3,7	11,	5,0	3,5	0,1					8,1					4,4	5,2	1,0		4,5	
23									17,			0,	4,2	5,7	2,3	0,4						38,					5,8	7,4	1,2		7,6	
24				0,					1,0			0,		7,5	3,2	1,5						4,8		0,1			2,	4,2	7,3	1,4		2,9
Suma	1,	14,	0,	7,	4,8	17,	0,	7,	40,	2,0	1,	9,	36,	54,	24,	23,	23,	0,0	0,	51,	3,	96,	5,	41,	33,	7,	67,	78,	103,	59,	27,1	
Media	0,	1,8	0,	1,	4,8	4,4	0,	1,	8,1	0,7	0,	1,	4,6	10,	3,1	2,0	3,9	0,0	0,	17,	0,	10,	0,	6,9	5,6	1,	2,9	3,4	4,3	5,4	3,6	

ANEXO II:
FORMULAS Y CRITERIOS DE
CALCULO DE EXCEL

Explicaciones de las fórmulas y criterios usados en la Hoja de cálculo de Excel.

Columna	Definición		Unidad	Ecuaciones	Parámetros y otros	Definiciones	Fórmula de Excel	
1	Pozo	De	Tramo inicial	Numeración del colector. En estas columnas se indica el número de los pozos inicial y final del tramo. Puede existir otra columna adicional indicando la localización del colector con la nomenclatura de la población.				
2		A	Tramo final					
3	Longitudes	Propia	M	Longitud de cada colector en metros.				
4		Tributaria	M	Longitud de los colectores aguas arriba del colector en cuestión.				=D14+C14
5		Acumulada	M	Longitud total. Se acumula la longitud de los colectores aguas arriba del colector en cuestión más longitud propia.				=C14+D14
6	Área	Propia	Km ²	Área de cada colector en kilómetros cuadrados.				=G14+F14
7		Tributaria	Km ²	Área de los colectores aguas arriba del colector en cuestión.				=F14+G14
8		Acumulada	Km ²	Área total. Se acumula el área de los colectores aguas arriba del colector en cuestión más el área propia.				
9	Parámetros p/Lluvia neta (para HEC-HMS)	CN	Ha.	Número de curva (CN, de sus siglas en inglés), el cual es un parámetro empírico estimado de la combinación del tipo de suelo, cobertura vegetal y la condición de humedad antecedente del suelo (AMC, de sus siglas en inglés).				
10		S	mm	$S = \frac{25400}{CN} - 254$	Infiltración potencial máxima		= (25400/114)-254	
11		Ia	mm	$Ia = 0.20S$	Sustracciones iniciales, en mm, es definido como la precipitación acumulada hasta el inicio de la escorrentía y es una función de la intercepción, almacenamiento en depresiones e infiltración antes del comienzo de la escorrentía.		=0,2*J14	
12	Tiempo de concentración tc (min)	Propia	min	$t_c = 0.01023 \left(\frac{L}{S^{1/2}} \right)^{0.77}$ <i>metodacior</i>	Desarrollada a partir de información del SCS (Soil Conservation Service) en siete cuencas rurales de Tennessee, con canales bien definidos y pendientes de 3 a 10%		= (0,01947)*((C14)/(O14)^(1/2))^0,77	
13		Tributaria	Min	tc de los colectores aguas arriba del colector en cuestión.				=M14+L14
14		Acumulada	min.	tc total. Se acumula la longitud de los colectores aguas arriba del colector en cuestión más longitud propia.				=L14+M14
15	pendiente "S"	Terreno	m/m	$Pend = \frac{Cota_{terreno_{sup.}} - Cota_{terreno_{inf.}}}{Long_{propia}}$	Pendiente del colector. El valor anotado en esta columna se calcula inicialmente con 1.0 u 0.8 m de profundidad a la clave. Este valor puede ser alterado posteriormente de acuerdo con las condiciones hidráulicas obtenidas para el colector: relación de caudales (Q/Q _{ii}) coeficiente de utilización y V _{ii} 0.9 m/s.			
16		Tubería	m/m.	Se elige de acuerdo a la pendiente mínima para generar una fuerza a la tracción de 1.5 Pa				
17	tiempo de retardo:	Lag time	min	$Lag\ time = 0.6 * tc_{trib.}$			=0,6*M14	
18	Lag para HEC-HMS	lag	min	$lag = \frac{0.0136L^{0.8} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{S^{0.5}}$	L= Longitud del canal principal en pies S = Pendiente (%) del canal principal CN = Número de curva de SCS para la cuenca en cuestión	Para calcular el tránsito de hidrogramas en el canal fue el de Lag (tiempo de retardo)	= ((0,0136)*(C14)^0,8*((1000/114)-9)^0,7)/(O14)^0,5	
19	Caudales (calculado en HEC-HMS)	Qdiseño	m ³ /seg	Calculado con el programa HEC-HMS				
20		Qdiseño	L/seg	Dividir caudal en m3/s entre 1000				=S14*1000
21	Rugosidad	n	En tubería PVC es de 0.009					
22	Cálculo de Intensidad	C (coef.	Ver TABLA L de los Anexos					

23	con fórmula de met. Racional	Escorrentía)		Con respecto a las delimitadas en los plano			
		Area	Ha				
24		I	L/s.Ha	$I = \frac{Q}{CA}$	Q= Caudal C= Coeficiente de escorrentía A= Area	Fórmula del método racional Intensidad de lluvia	=T14/(V14*W14)
25	Diámetro	D	m	$D = 1.548 \left(\frac{nQ}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$	Q= caudal de diseño; S=pendiente; n= coef. De rugosidad de Manning.	Diámetro de la tubería en metros. Se calcula de acuerdo con la ecuación de Manning	=PRODUCTO(1,548;POTENCIA(PRODUCTO(U14;T14;0,001;POTENCIA(P14;-0,5));3/8))
26			plg	$D_{plg} = \frac{D_m}{0,0254}$	Diámetro calculado en pulgadas.		=Y14/0,0254
27	Diámetro Comercial	Dc	m	Diámetro comercial utilizado en metros. Se utiliza las dos columnas anteriores como guía para la selección del diámetro, teniendo en cuenta la relación máxima de Q/Q _{ll} máxima o coeficiente de utilización. El diámetro mínimo es de 250 mm.			
28	Caudal tubo lleno	Q _{LL}	m ³ /s	$Q_{LL} = \frac{0,312}{n} D^{8/3} S^{1/2}$	Caudal a tubo lleno en L/s.		=PRODUCTO(0,312;1000;U14^1;POTENCIA(AA14;8/3);P14^0,5)
29	Relación caudal de diseño y caudal a tubo lleno	Q / Q _{LL}		Relación entre caudal de diseño y caudal a tubo lleno. Debe ser menor del valor del coeficiente de utilización dado.			=T14/AB14
30	Velocidad a tubo lleno	V _{LL}	m/s	$V_{LL} = \frac{4Q_{LL}}{fD^2 (1000)}$	Velocidad a tubo lleno en m/s.		=PRODUCTO(4;0,001;PI()^1;AA14^2;AB14)
31		Confirmar		Velocidad mínima de 0.9 m/s			=SI(AD14<=0,9;"baja";"ok")
32	Tirante normal	y	m	Calculado en H-canales con los parámetros de: Caudal de diseño (Qd), Diámetro de diseño (Dd) , rugosidad (n) y pendiente mínima para producir una tracción mínima de 1.5 Pascal (Pa).			
33	Angulo de flujo			$\theta = 2ar \cos \left(1 - \frac{2y}{D_{com}} \right) \cdot \frac{180}{f}$: en radianes:((*)/180). Calculadora en radianes.		=PRODUCTO(2;180;PI()^1;ACOS(SUMA(1;-PRODUCTO(AF14;2;AA14^1))))
34	Área de flujo	A	m ²	$A = \frac{1}{8} \left[\frac{f}{180} - \text{sen} \left(\frac{f}{180} \right) \right] D^2$: en radianes:((*)/180). Calculadora en radianes.	El área mojada (A) es el área de la sección transversal del flujo normal a la dirección del flujo.	=PRODUCTO(0,125;POTENCIA(AA14;2);SUMA(PI()*180^1*AG14;-SENO(RADIANES(AG14))))
35	Perímetro mojado	P	m	$P = \frac{f}{360} \cdot n \cdot D_{com} \text{ ó } \frac{f}{180} \cdot \frac{n \cdot D_{com}}{2}$: en radianes:((*)/180). Calculadora en radianes.	El perímetro mojado (P) es la longitud de la línea de la intersección de la superficie mojada del canal con la sección transversal normal a la dirección del flujo.	=PRODUCTO(PI();AA14;AG14;360^1)
36	Ancho de superficie libre	T	m	$T = 2D(0,5) \text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right)$: en radianes:((*)/180). Calculadora en radianes.	El ancho superior (T) es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.	=PRODUCTO(2;AA14;0,5;SENO(RADIANES(AG14/2)))
37	Radio hidráulico flujo de diseño	rh	m	$R = \frac{A_{flujo}}{P_{mojado}}$	Es la relación entre el área mojada y el perímetro mojado, se expresa como: R = A / P		=AH14/AI14

38	Velocidad real	V	m/s	$V = \frac{Q_{dise} * 0.001}{A_{flujo}}$	Velocidad real en m/s.	=T14*0,001/AH14
39	Altura de velocidad	V ² /2g	m		Altura de velocidad en metros.	=PRODUCTO(AL14^2;0,5;9,81^-1)
40	Energía específica	E	m	$E = y + \frac{V^2}{2g}$		=AF14+AM14
41	Profundidad hidráulica	H	m	$H = \frac{A_{flujo}}{T}$	la profundidad hidráulica (D) es la relación del área mojada con el ancho superior, se expresa como: D = A / T	=AH14/AJ14
42	Número de Froude	NF		$NF = \frac{V}{\sqrt{Hg}}$	Número de Froude.	=PRODUCTO(AL14;POTENCIA(AO14*9,81;-0,5))
43	Relación velocidad crítica entre velocidad a tubo lleno	V/V _{LL}			Relación entre velocidad real y la velocidad a tubo lleno encontrada en la TABLA A de los Anexos.	=AS14^(2/3)
44	Relación d entre Diámetro a tubo lleno	d/D (y/D)		$\frac{d}{D} = \frac{1 - \cos(\frac{\theta}{2} * \frac{f}{180})}{2}$	Relación entre lámina de agua (tirante) y diámetro de la tubería, encontrada en la TABLA A de los Anexos.	=(1-COS(AG14/2*PI()/180))/2
45	Relación radio hidráulico a tubo lleno y radio hidráulico normal	Rh _{LL} /rh	m			=1-(360*SENO(AG14*PI()/180)/(2*PI()*AG14))
46	d (y)	Resultado	m	D _c * y/D	Lámina de agua en metros.	=AR14*AA14
47		Confirmar				=SI(AT14>=(AJ14*0,2);SI(AT14<=(AJ14*0,75);"ok";"alto");"bajo")
48	Radio hidráulico tubo lleno	Rh _{LL}	m	rh * Rh _{LL} /rh		=AK14*AS14
49	Velocidad a tubo lleno	V _{LL}	m/s	$6 * (9.8 * R_{LL})^{1/2}$	Velocidad tubo lleno en m/s.	=6*(9,8*AV14)^0,5
50	Factor de tracción	Resultado		$F_{trac.} = \chi * rh * \frac{pend.}{100}$		=\$Q\$6*\$Q\$2*AK14*P14
51		Confirmar				=SI(AX14<=1,5;"baja";"ok")
52	Tipo de flujo			NF=1 "flujo crítico" NF<1 "flujo subcrítico" NF>1 "flujo supercrítico"		=SI(AP14=1;"Flujo Crítico";SI(AP14<1;"Flujo Subcrítico";SI(AP14>1;"Flujo Supercrítico")))
53	Radio de curvatura	r _c	m	En este caso es de 1.00 m		
54	Tramo	De	Tramo inicial	Numeración del colector. En estas columnas se indica el número de los pozos inicial y final del tramo. Puede existir otra columna adicional indicando la localización del colector con la nomenclatura de la población.		
55		A	Tramo final			
56	Pozo No.			Número del pozo correspondiente		
57	Diámetro de pozo	D _{pz.}	m	En caso será de 1.00 m		

58	Pérdida por cambio de dirección	K subcrítico		Si el flujo de entrada es supercrítico entonces "0"; sino:	Régimen Subcrítico	rc/Dc > 3.0 1.5-3.0 1.0-1.5	K 0.05 0.20 0.40		=SI(O(AZ14="Flujo Supercrítico");"";SI(BA15/BE15>3;0,05;SI(O(BA15/BE15>1,5;BA15/BE15=1,5);0,2;0,4)))
59		$K \times (V_{entrada}^2/2g)$	m	Si el flujo de entrada es supercrítico entonces "0"; sino:	[AL]* [AB] = K*V ² /2g				=SI(AZ14="Flujo Supercrítico";"";BF15*AM14)
60		K subcrítico		Si el flujo de entrada es supercrítico entonces "0"; sino:	Si el flujo de salida aumenta Si el flujo de salida disminuye	K = 0.2 K = 0.1			=SI(AZ14="Flujo Supercrítico";"";SI(AL15<AL16;0,2;0,1))
61	Pérdida por transición	$K \times (V_2^2/2g - V_1^2/2g)$	m	Si el flujo de entrada es supercrítico entonces "0"; sino:	[AN]* ([AB _{salida}] - [AB _{entrada}]) < 0 "0"; sino el resultado [AN]* ([AB _{salida}] - [AB _{entrada}]) = K * (V ₂ - V ₁)				=SI(O(AZ14="Flujo Supercrítico");"";SI(PRODUCTO(BH15;SUMA(AM15;-AM14))<0;PRODUCTO(BH15;SUMA(AM15;-AM14))))
62	Pérdida total		m	Si el flujo de entrada es supercrítico entonces "0"; sino:	[AM]+ [AO] = $\left(K * \frac{V_{entrada}^2}{2g} \right) + K \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right)$				=SI(AZ14="Flujo Supercrítico";"";BG15+B115)
63	Tipo de entrada			Si el flujo de entrada es supercrítico entonces "0"; sino:	$\frac{0.319Q_{salida}}{D_{salida}^{2.5}}$	< 0.62 entrada no sumergida > 0.62 entrada sumergida	Si el caudal de entrada no es "supercrítico" : "0".		=SI(AZ14="Flujo Supercrítico";SI(0,319*S15*0,001*AA15^2,5<0,62;"Entrada No Sumergida";"Entrada Sumergida");"")
64	K supercrítico				D_{pozo}/D_{salida} > 2.0 1.6 - 2.0 1.3 - 1.6 < 1.3	K 1.2 1.3 1.4 1.5			=SI(BE14/AA15>2;1,2;SI(O(BE14/AA15>1,6;BE14/AA15=1,6);1,3;SI(O(BE14/AA15>1,3;BE14/AA15=1,3);1,4;SI(BE14/AA15<1,3;1,5))))
65	Angulo de flujo crítico	c	Grados						=PRODUCTO(2;180;PI()^1;ACOS(SUMA(1;-PRODUCTO(BO14;2;AA15^-1))))
66	Factor de sección	Z		$Z = \frac{(\pi - \text{sen } \pi)^{1.5} D_{com}^{2.5}}{\sqrt{\text{sen } \frac{\pi}{2}} (Q_{dise} * 0.001)}$	en radianes:((*)/180). Calculadora en radianes.		el factor de la sección (Z), para cálculos de escurrimiento o flujo crítico es el producto del área mojada con la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica, se expresa como: Z = A. SQRT (D)		=PRODUCTO(POTENCIA(SUMA(BM14*PI()/180;-SENO(RADIANES(BM14)));1,5);POTENCIA(0,001*T15;-1);AA15^2,5;POTENCIA(SENO(RADIANES(BM14/2));-0,5))
67	Tirante crítico	y _c	m	$y_c = \frac{D_{com}}{2} * \left[D_{com} * 0.5 * \cos \frac{\pi}{2} \right]$	Se calcula con H-canales se basa en el yc del caudal de salida al igual que el diámetro de salida en el pozo				
68	Área flujo crítico	A _c	m ²	$A_c = \frac{(\pi - \text{sen } \pi) D_{com}^2}{8}$: en radianes:((*)/180). Calculadora en radianes.				=PRODUCTO(0,125;POTENCIA(AA15;2);SUMA(PI()*180^-1*BM14;-SENO(RADIANES(BM14))))
69	Velocidad flujo crítico	V _c	m/s	$V_c = \frac{Q_{dise} * 0.001}{A_c}$					=T15*0,001/BP14
70	Energía específica de flujo crítico	E _c	m	$E_c = \frac{V_c^2}{2g}$	Energía específica en metros.				=PRODUCTO(BQ14^2;0,5;9,81^-1)
71	Altura de energía	H _c	m	Si AQ (tipo de entrada) es: "Entrada no sumergida"	$H_c = y_c + \frac{V_c^2}{2g}$		Profundidad hidráulica en metros. Obtenida de la TABLA B de los		=SI(BK14="Entrada No Sumergida";BO14+BR14;"")

				entonces		Anexos a partir de la relación Q/Q ₀
					Sino no es "Entrada no sumergida" : "0"	
72	Incremento de altura por pérdidas	H _p	m	Si AQ (tipo de entrada) es: "Entrada no sumergida" entonces	$H_p = 0.589 D_{com} \left[\frac{Q_{dise} * 0.001}{\sqrt{g D_{com}^{2.5}}} \right]^{2.67}$	=SI(BK14="Entrada No Sumergida";PRODUCTO(0,589;AA15;POTENCIA(A(PRODUCTO(T15;0,001;POTENCIA(AA15;-2,5);POTENCIA(9,81;-0,5));2,67));""))
					Sino no es "Entrada no sumergida" : "0"	
73	Caída en el pozo (Entrada no sumergida)		m	Si AQ (tipo de entrada) es: "Entrada no sumergida" entonces	$K_{sup\ ercritico} * (H_c + H_p)$	=SI(BK14="Entrada No Sumergida";PRODUCTO(BL14;SUMA(BS14;BT14));""))
					Sino no es "Entrada no sumergida" : "0"	
74	Caída en el pozo (Entrada sumergida)		m	Si AQ (tipo de entrada) es: "Entrada sumergida" entonces	$D_{com} * K_{sup\ ercritico} * (0.7 + (1.91 * (0.319 * Q_{dise} * 0.001 * D_{com}^2)))^2$	=SI(BK14="Entrada Sumergida";PRODUCTO(AA14;BL14;SUMA(0,7;PRODUCTO(1,91;POTENCIA(0,319*T14*0,001*AA14^2,5;2))));""))
					Sino no es "Entrada sumergida" : "0"	
75	Resumen	Caída resultado	m			=SUMA(MAX(BV14;BJ14;BU14);AA14*0,5;-AA15)
76		Caída (escogida)	m	Se suma el máximo de BB, AP y BA con ((Diámetro de entrada por 0.5) menos diámetro salida)	= (# max)+(D _{ent.} *0.5)-D _{sali} BB: caída en el pozo (ent. Sumergida) AP: Pérdida total BA: Caída en el Pozo (ent. No sumergida) Dc: Diámetro Com.	
77	Cota terreno	De	m		Cota de rasante en el pozo inicial. Obtenida del plano topográfico.	
78		A	m		Cota de rasante en el pozo final. Obtenida del plano topográfico.	
79	Cota clave	De	m	Cota clave en el pozo inicial. Para los colectores iniciales se toma 0.80 m de profundidad a la clave. Para los demás colectores, la cota clave inicial depende del empate por cota clave con las tuberías afluentes al pozo.		=BY14-CE14 y luego =(CB14-BX14)
80		A	m	Cota clave en el pozo final. Se calcula a partir de la cota inicial menos la caída por la pendiente del colector en la longitud del mismo.		=CA14-(C14-\$H\$2)*P14
81	Cota batea	De	m	Cota de batea en el pozo inicial. Corresponde a la cota clave menos el diámetro.		=CA14-AA14
82		A	m	Cota de batea en el pozo final.		=CB14-AA14
83	Profundidad a clave	De	m	Profundidad a la clave en el pozo inicial. Corresponde a la profundidad del colector medida desde la rasante hasta la clave del colector.		=BY15-CA15
84		A	m	Profundidad a la clave en el pozo final.		=BZ14-CB14
85	Cota fondo	De	m			=BY14-AA14-CE14-\$S\$7
86		A	m			=BZ14-AA14-CF14-\$S\$7-BX14
87	profundidad buzón	De	m			=CE14+AA14+\$S\$7
88		A	m			=CF14+BX14+AA14+\$S\$7
89	Ancho de zanja		m			
90	Volúmenes	Excavación	m ³	$Exc.: (Long.) * 0.4 * \left(\frac{(BE - BI) + (BF - BJ)}{2} \right)$		=PRODUCTO(C14;CK14;PROMEDIO(BY14-CG14;BZ14-CH14))
91		Arena	m ³			=C14*CK14*(SQ\$7/100)
92		Relleno	m ³			=CL14-CM14-(PI())*(AA14)^2/4)*C14
93	Long. tubería		m	$L = \sqrt{(dist.pozo)^2 + (dist.pozo * pend)^2}$		=RAIZ(SUMA(C14^2;(C14*P14)^2))
94	Diámetro tubería a usar	Colector	m	Si el D _{com} = 0.35 entonces = BQ, sino se pone "0"	SI(Q6=0,16;BQ6;0)	=SI(AA14=0,35;C14;0)

Q / Q_{LL} cauda diseño/caudal tubo lleno
Q_{LL} Caudal a tubo lleno
V_{LL} Velocidad a tubo lleno
y Tirante
A Área del Flujo
P Perímetro Mojado
T Ancho de Sup. Libre
Rh_{LL} Radio Hidráulico tubo lleno

H Profundidad hidráulica
NF Número de Froude
V/V_{LL} velocidad real/velocidad tubo lleno
d/D
rh/Rh_{LL} radio hid. Lleno parcial/ radio hid. Tubo lleno
d
rh radio Hidráulico Lleno parcial
Vcrit. velocidad a flujo crítico
F trac. fuerza tractiva

rc radio de curvatura
D_{pz} Diámetro del pozo
 $K \times (V_{entrada}^2/2g)$ Pérdida por camnio de dirección
 $K \times (V_2^2/2g - V_1^2/2g)$ Pérdida por transición
c ángulo en flujo supercrítico
Z Factor de sección
y_c tirante crítico
A_c Area flujo crítico
V_c Velocidad tubo lleno

ANEXO III:
CLASIFICACION DE SUELOS

TABLA- A

Clasificación de suelos y mezclas de agregados de suelos (carreteras) según AASHTO M-145.¹

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasan la malla No. 200)							Materiales Limo-arcilla (35% o más pasan la malla No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación por grupos y sub-grupos	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Análisis de mallas, (%) que pasan por la:											
No.10.....	50 Máx.										
No.40.....	30 Máx.	50 Máx.	51 Mín.								
No.200.....	15 Máx.	25 Máx.	10 Máx.	35 Máx.	35 Máx.	35 Máx.	35 Máx.	36 Mín.	36 Mín.	36 Mín.	36 Mín.
Características de la fracción que pasa por la malla No. 40											
Límite LL (%)			40 Máx.	40 Máx.	41 Mín.	40 Máx.	41 Máx.	40 Máx.	41 Mín.	40 Máx.	41 Mín.
Índice de plasticidad (%)	6 Máx.	N.P.	10 Máx.	10 Máx.	10 Máx.	11 Mín.	11 Mín.	10 Máx.	10 Máx.	11 Mín.	11 Mín.
Tipos usuales de materiales constituyentes significativos	Fragmentos de piedra, grava y arena.	Arena fina.	Grava y arena limosas y arcillosas.					Suelos limosos.		Suelos arcillosos	
Clasificación general como sub-rasante	Excelente a bueno.							Regular a pobre.			

¹ Clasificación de suelos. Sistemas ASTM D-2487 y AASHTO M/ASTM D-3282. Recopilado por Ing. Alfonso Jérez F. Profesor FTC-UNI-RUPAP. Folleto

TABLA- B
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)²

INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN															
DIVISIÓN MAYOR			Símbolo	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO										
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 Á	Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE ½ cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GRAVAS LIMPIA Poco o nada de partículas finas	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. Cu = D60 / D10 Cc = (D30)2 / (D10)(D60)									
			GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	GM *	d		Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.							
			ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE ½ cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	ARENA LIMPIA Poco o nada de partículas finas	GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	GC			Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.					
							ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	SW			SP	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos. Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7. Cu = D60 / D10 mayor de 6 ; Cc = (D30)2 / (D10)(D60) entre 1 y 3. No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW		
			ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE ½ cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	ARENA LIMPIA Poco o nada de partículas finas	GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	SM *			d	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.				LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
							ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	SC			Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7. Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.			
			SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 Á	Las partículas de 0.074 mm de diámetro	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML			Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G - Grava, S - Arena, O - Suelo Orgánico, P - Turba, M - Limo C - Arcilla, W - Bien Graduada, P - Mal Graduada, L - Baja Compresibilidad, H - Alta Compresibilidad					
							LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	CL			Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	Ver FIGURAS T y U			
													LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.													
			LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.										
						SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.							

² Folleto anónimo.

ANEXO IV: CURVA IDF

FIGURA 1

Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia para la ciudad de Managua

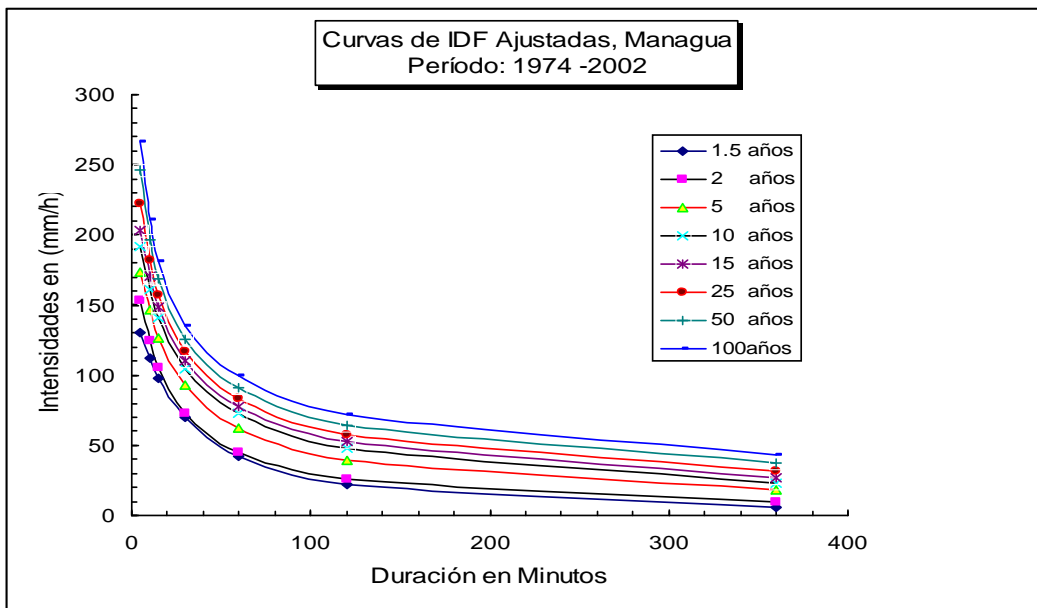
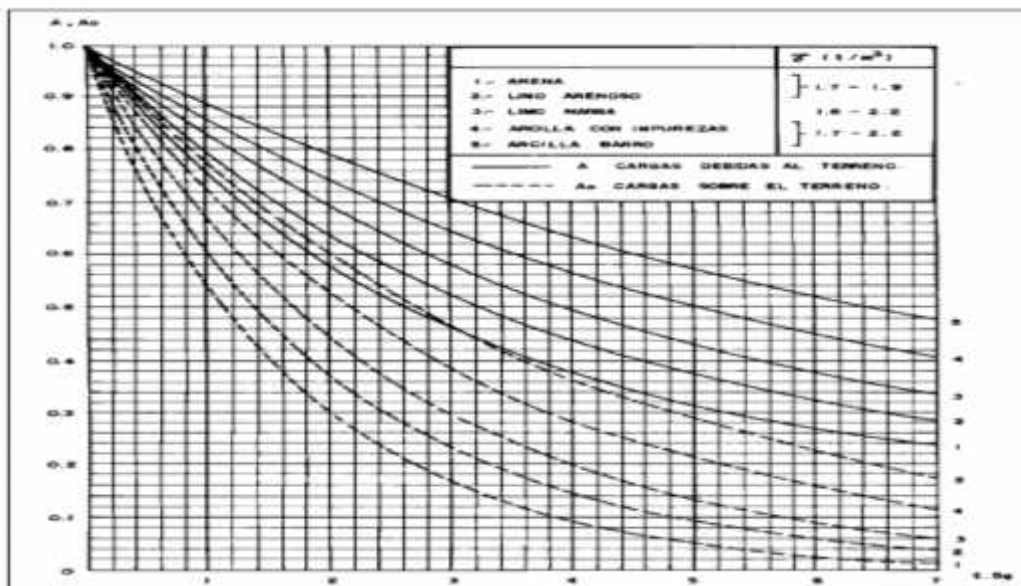


FIGURA 2

**Factor A cargas de terreno
Factor A_o cargas sobre el terreno.³**



³ Norma Boliviana NB 688 INSTALACIONES SANITARIAS - ALCANTARILLADO SANITARIO, PLUVIAL Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Dirección General de Saneamiento Básico DIGESBA. Diciembre de 2001. Pág.86.

**ANEXO V:
EVALUACION DE
IMPACTO
AMBIENTAL**

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

1) Metodología

Los proyectos de construcción de drenaje pluvial están clasificados en la Categoría Ambiental III del Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE), por lo que requieren la realización de una Evaluación de Emplazamiento (EE) y un Análisis Ambiental (AA), según lo estipulado en el *Manual de Gestión Ambiental* y el *Manual de Normas y Procedimientos*.

Para la elaboración de la EE y el AA, se procedió a la realización de una visita al área donde se emplazará el proyecto para poder determinar el estado inicial del medio ambiente y los *Límites del Área de Influencia* (área directamente afectada y área de influencia directa). Posteriormente se determinó cada factor ambiental impactado, asociando las causas y sus correspondientes efectos.

Luego se procedió a recopilar la información necesaria para valorar los componentes y poder interpretar cada una de las tablas de evaluación y análisis que comprende este documento. Los criterios utilizados para la valoración se pueden observar en la tabla a continuación.

Tabla 1. Criterios de valoración de la calidad ambiental.

CRITERIOS	CALIDAD AMBIENTAL		
	Valor = 3	Valor = 2	Valor = 1
Intensidad de los problemas ambientales observados en el sitio para cada factor.	BAJA o no existen problemas	MEDIA o puede alterar algún componente ambiental	ALTA o varios factores pueden afectarse
Superficie afectada por el problema.	Se observa sólo en el sitio aislado (puntual) o no se observa	Se observa más allá del sitio (parte del territorio)	Se observa en todo el municipio
¿Se puede recuperar el medio ambiente?	SI (en el plazo de 1 año)	SI (entre 1 y 10 años)	NO
Duración de los problemas ambientales observados.	Menos de 1 año o no hay problemas	Entre 1 y 5 años	Más de 6 años
Cantidad de población de la comunidad afectada próxima al sitio.	Menos del 25% o no hay población afectada	Entre el 26% el 50%	Más del 50%

Finalmente, se presenta un Plan de Mitigación para los impactos ambientales negativos principales a fin de que el proyecto sea ambientalmente viable.

2) Marco Legal Aplicable

La necesidad de la elaboración de un Análisis Ambiental está especificada en la *Ley No. 217: Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales*, en sus Artículos 12 y 25.

Según el *Decreto 76-2006: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*, en su Artículo 7, este proyecto está catalogado fuera de las categorías que aplican a la realización de un Evaluación de Impacto Ambiental, sin embargo se requiere un Análisis Ambiental, a como se especifica en el Artículo 18.

Este proyecto está sujeto a cumplir con la *Ley 641: Código Penal*, donde se establecen las construcciones prohibidas y los delitos y faltas contra la naturaleza, el medio ambiente y los recursos naturales.

3) Análisis Ambiental

3.1. Descripción y Etapas del Proyecto

3.1.1. Ubicación

El proyecto “Drenaje Pluvial en Anexo Villa Libertad” se emplazará en el Distrito 7 de la Ciudad de Managua.

3.1.2. Etapas del Proyecto

El proyecto consiste en 2 etapas principales, las cuales son etapa de construcción y etapa de operación y mantenimiento. A continuación se describirán las acciones que se pretenden realizar en el proyecto en dichas etapas.

Etapas de Construcción

En la Tabla 2, se muestran las obras civiles que se pretenden realizar durante la construcción del proyecto.

Tabla 2. Etapa de Construcción del Proyecto.

Fases de la Etapa	Acciones
-------------------	----------

Demoliciones	Se demolerán estructuras de concreto existentes como tuberías, tragantes y cabezales.
Excavación	Se excavarán zanjas para tuberías, estas se efectuarán con retroexcavadoras.
Instalación	Se instalarán nuevas tuberías de concreto o plástica.
Construcción	Construcción de pozos de visita de una profundidad de 2.5 mt y de tragantes o parrillas metálicas. Se realizará Movimiento de tierra para la terracería, construcción de sub-base, base y carpeta asfáltica en caliente.
Relleno y Compactación	Se realizará el relleno y compactación de tierra en las zanjas, esto se efectuará de forma manual y con compactadora de caite.
Desalojo	El desalojo de escombros y tierra sobrantes se efectuará con cargadora frontal y camiones de 14 m ³ .

Los materiales que se utilizarán son:

Acero de refuerzo (3/8", 1/2", 3/4", 1), Cemento, Ladrillo cuarterón, Piedra cantera, Tubería de concreto, Ribloc (plástico), Piedra triturada, Arena Motastepe.

Etapa de Operación y Mantenimiento

La acción correspondiente a esta etapa es únicamente la limpieza de tuberías, tragantes y rejillas, ésta se realizará una vez al año, antes de iniciar la época lluviosa, para retirar residuos sólidos y evitar la obstrucción y rebalse de las agua pluviales.

3.2 Descripción del Estado Inicial del Medio Ambiente

El área donde se emplazará el proyecto cuenta con todos los servicios básicos desarrollados, incluyendo los servicios de agua, luz y teléfono. La mayoría de las calles por donde se instalará la tubería no son pavimentadas. Se percibió en el entorno un microclima agradable y los niveles de ruidos son permisibles para el hábitat humano.

El área directamente afectada estará determinada por el área en la que se desarrollará el proyecto, es decir las calles específicas donde se instalará la tubería, lo que corresponde a 2 Km.

Área de influencia directa

El área de influencia directa estará determinada por la zona que será afectada directamente por el desarrollo del proyecto lo que corresponde a las calles e intersecciones aledañas, incluyendo las viviendas cercanas a dichas calles.

3.3. Evaluación de Emplazamiento

A continuación, se presenta la Evaluación de Emplazamiento, que consistió en analizar una serie de variables (Erosión, Deslizamientos, Vulcanismo, Rangos de pendientes, Calidad del Suelo, Hidrología Superficial, Hidrogeología, Conflictos territoriales, Marco Legal, Participación Ciudadana y Plan Inversión Municipal y Sostenibilidad) para determinar si la selección del sitio del proyecto es adecuada y se encuentra dentro de los criterios de legibilidad de los proyectos de drenaje pluvial.

Tabla 3. Histograma de Evaluación de Emplazamiento.

VARIABLES	PARA USO DEL FORMULADOR							PARA USO DEL EVALUADOR						
	N.A	E	P	E	P	E	P	N.A	E	P	E	P	E	P
	0	1	3	2	2	3	1	0	1	3	2	2	3	1
EROSION				X										
DESLIZAMIENTOS						X								
VULCANISMO						X								
RANGOS DE PENDIENTES						X								
CALIDAD DEL SUELO						X								
HIDROLOGIA SUPERFICIAL				X										
HIDROGEOLOGIA		X												
CONFLICTOS TERRITORIALES				X										
MARCO LEGAL						X								
PARTICIPACION CIUDADANA				X										
PLAN INVERSION MUNICIPAL Y SOSTENIBILID.				X										
FRECUENCIAS (F)	SU MA	1		5		5		SU MA						
ESCALA X PESO X FRECUENCIA (ExPxF)	38	3		20		15								
PESO x FRECUENCIA (PxF)	18	3		10		5								
VALOR TOTAL (ExPxF / PxP)	2.11													
RANGOS	1 – 1.5	1.6 – 2.0		2.1 – 2.5		> 2.5		1 – 1.5	1.6 – 2.0		2.1 – 2.5		> 2.5	
OBSERVACIONES														

Valores entre 2.1 y 2.5 significa que el sitio es poco peligroso, con muy bajo componente de riesgo a desastres y/o bajo deterioro de la calidad ambiental a pesar de limitaciones aisladas; se considera esta alternativa de sitio elegible.

Tabla 4. Identificación de la problemática ambiental de la zona.

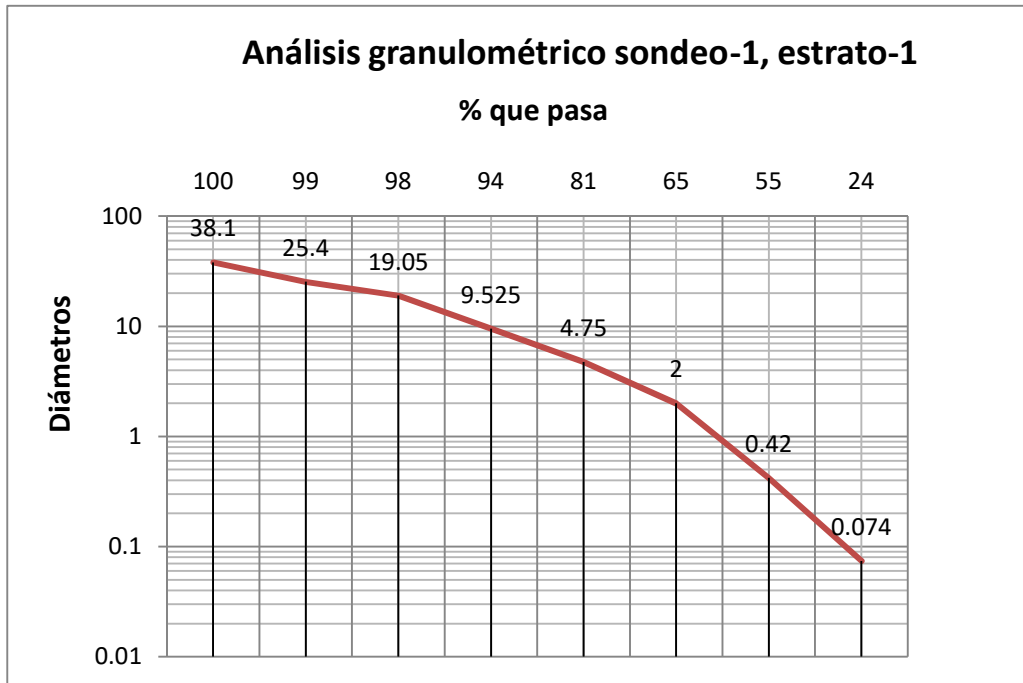
FACTORES AMBIENTALES	ALTERACIONES AMBIENTALES	
	CAUSAS	EFFECTOS
Calidad del aire	Tipos de rocas que propician emisión de polvo.	Contaminación del aire por la emisión de polvo.
	Quema de basura a cielo abierto.	Contaminación del aire por la emisión de humo y gases.
	Vertido de residuos sólidos y líquidos a cielo abierto.	Contaminación del aire por la emisión de gases y malos olores.
Cantidad y Calidad de las aguas superficiales	Vertido de residuos sólidos en cauces, deficiente higiene comunal.	Contaminación de las aguas superficiales con repercusión en la salud y el medio ambiente.
	No tratamiento de las aguas servidas.	
	Modificación de los cursos o el régimen hidrológico.	Inundación, riesgo de desastres.
Cantidad y Calidad de las aguas subterráneas	Vertido directo de residuos sólidos y líquidos.	Probabilidad de contaminación de las aguas, aumento de enfermedades.
Suelos	Erosión por aguas pluviales.	Afectación de la calidad edáfica.
	Vertido de residuos sólidos y líquidos.	
Medio construido	Alteraciones causadas por deficiencias en los servicios comunales.	Afectación a la salud de la población.
	Crecimiento urbano no planificado.	Insatisfacción de los servicios básicos e insalubridad.
Calidad de vida	Condiciones higiénico sanitarias y epidemiológicas precarias.	Afectaciones sanitarias a la población.

**ANEXO VI:
ANALISIS
GRANULOMÉTRICO**

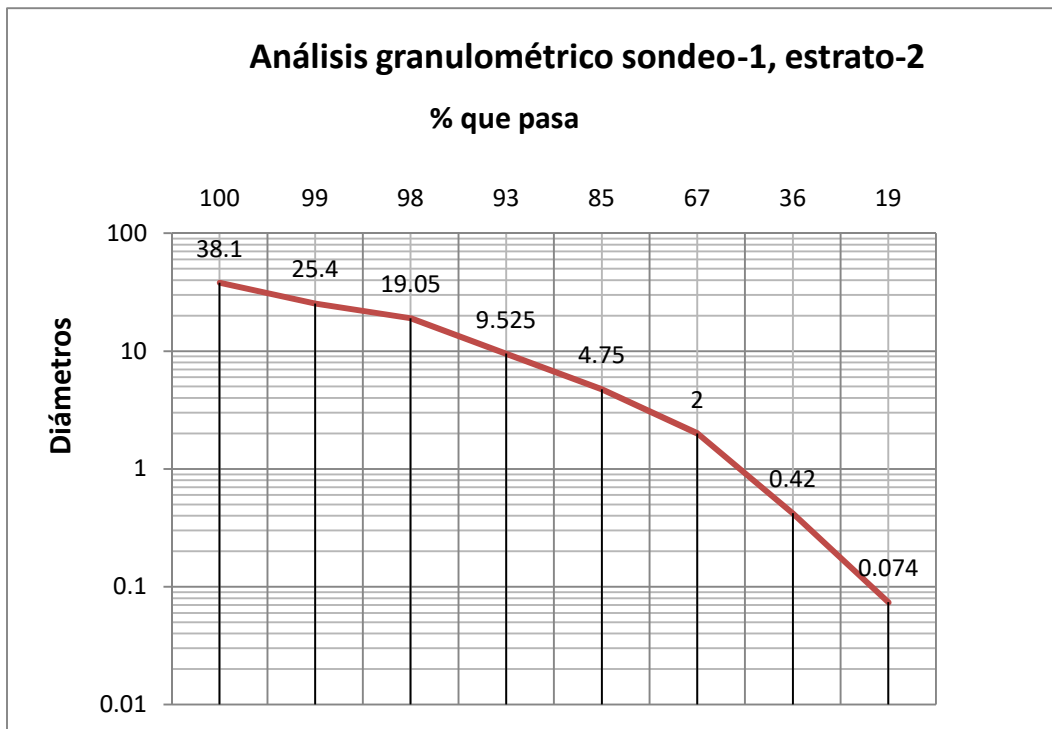
SONDEO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (MATERIAL LAVADO)										
Sondeo:		1		Localización:	Estación 0+826.921			Desviación:	1,0 m izq.	
Estrato	Profundidad (m)	Malla	mm	% que pasa	Límites		Clasificación	Descripción	Clasificación	Descripción
					LL	IP	SUCS	según SUCS	ASSTHO	según ASSTHO
1	0-25	1 1/2	38,100	100	28	7	SC-SM	Arena arcillosa limosa con grava	A-2-4	Grava y arena limosa y arcillosa
		1	25,400	99						
		3/4	19,050	98						
		3/8	9,525	94						
		4	4,750	81						
		10	2,000	65						
		40	0,420	55						
200	0,074	24								
2	25-40	1 1/2	38,100	100	25	6	SC-SM	Arena arcillosa limosa con grava	A-2-4	Grava y arena limosa y arcillosa
		1	25,400	99						
		3/4	19,050	98						
		3/8	9,525	93						
		4	4,750	85						
		10	2,000	67						
		40	0,420	36						
200	0,074	19								
3	40-75	1 1/2	38,100	-	52	18	MH	Limo elástico granoso con arena	A-7-5	Suelo arcilloso
		1	25,400	-						
		3/4	19,050	100						
		3/8	9,525	98						
		4	4,750	94						
		10	2,000	87						
		40	0,420	75						
200	0,074	66								
4	75-110	1 1/2	38,100	-	55	14	MH	Limo elástico granoso con arena	A-7-5	Suelo arcilloso
		1	25,400	-						
		3/4	19,050	-						
		3/8	9,525	100						
		4	4,750	96						
		10	2,000	84						
		40	0,420	63						
200	0,074	51								
5	110-150	1 1/2	38,100	-	46	8	SM	Arena limosa	A-2-5	Grava y arena limosa y arcillosa
		1	25,400	100						
		3/4	19,050	99						
		3/8	9,525	98						
		4	4,750	93						
		10	2,000	68						
		40	0,420	38						
200	0,074	24								

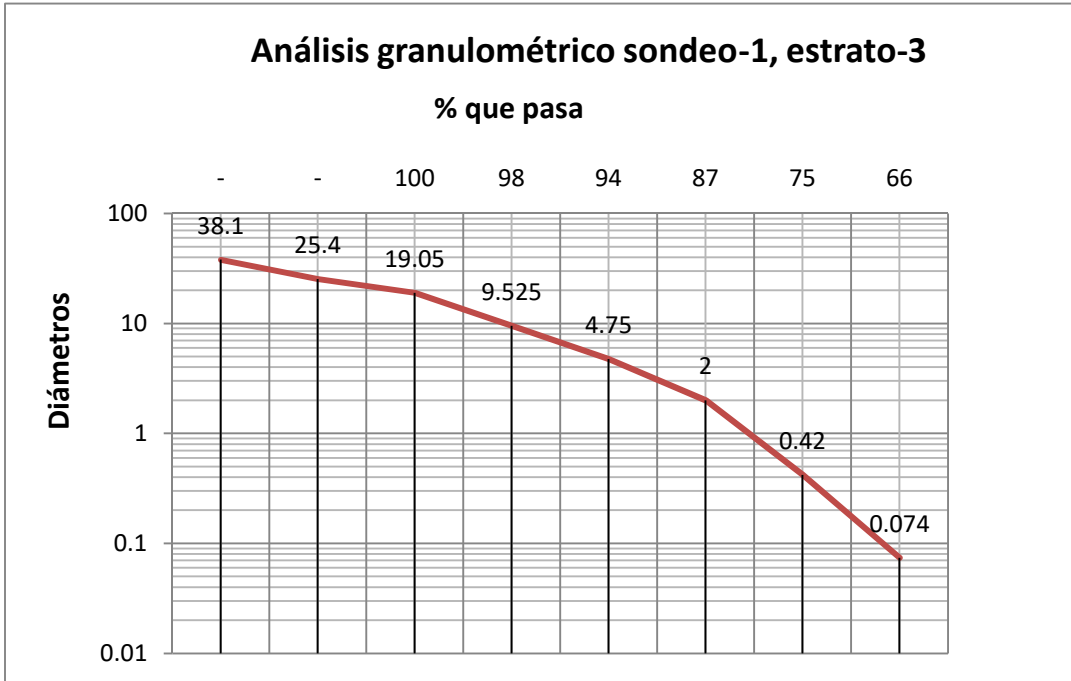
Gráfica de análisis granulométrico sondeo, estrato -1



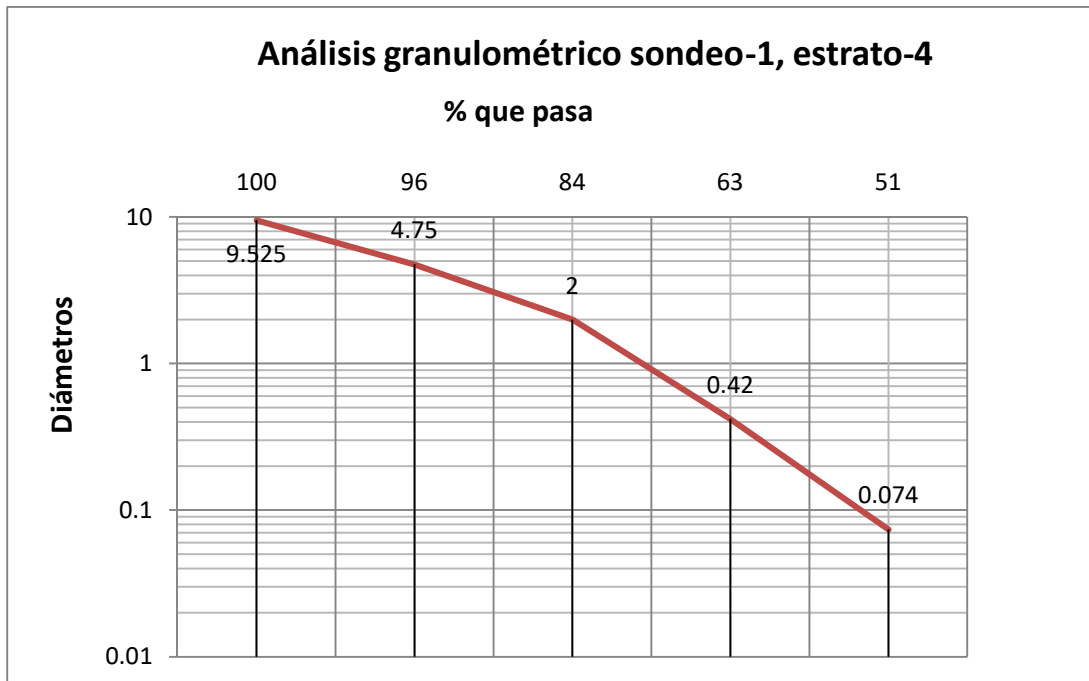
Gráfica de análisis granulométrico sondeo, estrato - 2



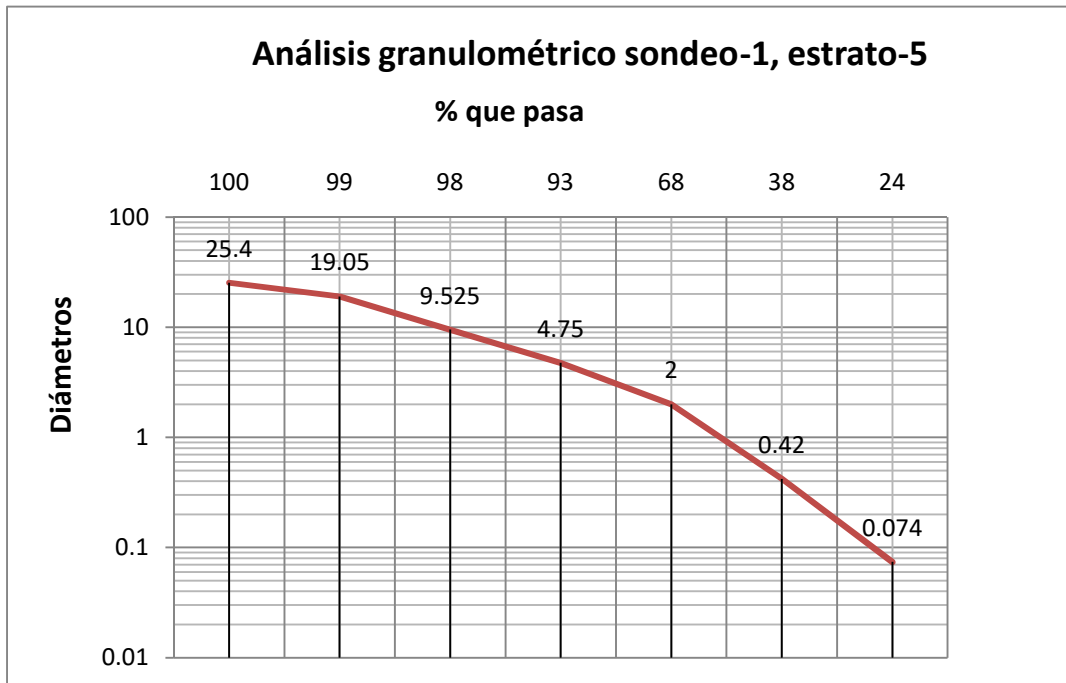
Gráfica de análisis granulométrico sondeo, estrato - 3



Gráfica de análisis granulométrico sondeo, estrato - 4



Gráfica de análisis granulométrico sondeo, estrato - 5



ANEXO VII: PLANOS