

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO BOLÍVAR  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL**



**MODELAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS  
HIDRÁULICAS DE LOS FLUJOS SUPERFICIALES QUE SE  
PRODUCIRÁN EN LOS CANALES ABIERTOS  
PROPUESTOS DEL SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS  
PLUVIALES DEL CONJUNTO URBANÍSTICO “NUEVA  
BETANIA” (P-3), PARIAGUÁN, ESTADO ANZOÁTEGUI,  
VENEZUELA**

**TRABAJO FINAL DE GRADO  
PRESENTADO POR LOS  
BACHILLERES BETANCOURT  
B., RÉGULO R. Y RODRÍGUEZ  
B., GRUBAR J. PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE INGENIERO  
CIVIL.**

**CIUDAD BOLÍVAR, JUNIO 2022**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO BOLIVAR  
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA**

**HOJA DE APROBACIÓN**

Este Trabajo de Grado, intitulado **“MODELAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS FLUJOS SUPERFICIALES QUE SE PRODUCIRÁN EN LOS CANALES ABIERTOS PROPUESTOS DEL SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES DEL CONJUNTO URBANÍSTICO “NUEVA BETANIA” (P-3), PARIAGUÁN, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA”**, presentado por los bachilleres **BETANCOURT B., RÉGULO R.**, de cédula de identidad No.: **18.943.320** y **RODRÍGUEZ B., GRUBAR J.** de cédula de identidad No.: **20.078.954**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres y apellidos:

Firmas:

Profesor Dafnis Echeverría

(Asesor)

Profesor Francisco Monteverde

(Jurado)

Profesora Beatriz Echeverría

(Jurado)

Profesor Rodolfo González  
Jefe del Depto. de Ingeniería Civil

Profesor Francisco R. Monteverde S.  
Director de Esc. Ciencias. De la  
Tierra

Ciudad Bolívar,

Junio de 2022

## **DEDICATORIA**

A Dios Todopoderoso

A mis Padres

A todos mis familiares y amigos

Régulo Rafael Betancourt Barrios

## **DEDICATORIA**

A Dios Todopoderoso

A mis Padres

A todos mis familiares y amigos

Grubar José Rodríguez Becerra

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios Todopoderoso por su bendición constante y necesaria

A nuestros Padres por su apoyo y guía incondicional

A todos nuestros familiares por darnos ánimo en la adversidad

A la Universidad de Oriente por darnos el cobijo del conocimiento en sus aulas

*Régulo Rafael Betancourt Barrios*

*Grubar José Rodríguez Becerra*

## RESUMEN

En la presente investigación se elabora una propuesta de sistema drenaje superficial para la conducción de aguas pluviales para el conjunto urbanístico “Nueva Betania” en la población de Pariaguán, estado Anzoátegui. Para llevarla a cabo se clasificó la investigación como un proyecto factible, apoyada en una estrategia o diseño de investigación de campo y documental, para la cual fue necesario disponer de la información hidrológica y topográfica con la finalidad de diseñar una serie de canales ubicados estratégicamente en la extensión de la zona de estudio, determinando las características de los flujos que en ellos se produciría. Entre esas características se destacan los caudales que habrían de conducir, los cuales se determinarían a través del método racional. Asimismo, el procedimiento utilizado para el diseño de las secciones de canales se basó en un procedimiento iterativo de la aplicación de la ecuación de Manning hasta obtener dimensiones acordes definiendo así los parámetros geométricos e hidráulicos pertinentes y se esquematiza cada uno de los perfiles longitudinales así como de las secciones transversales garantizando que cumplan con las características y exigencias requeridas, logrando así que tengan un desempeño óptimo. En la propuesta se procuró, elaborar un diseño bajo en costos, por lo que se trató de elegir las pendientes más acordes al terreno para no incurrir en gastos innecesarios en cuanto a excavación o rellenos se refiere. Las conclusiones derivadas posterior a la obtención de los resultados nos reflejan las características principales de la zona de estudio, destacando que presenta un régimen pluviométrico unimodal, un promedio anual de evaporación elevado y una condición de isoterminia definida por la región y temperatura; por último se puede señalar que el sistema de drenaje planteado tiene la capacidad de captar en las 16.93 ha del área de estudio (constituida por cinco (5) subcuencas) y transportar un total de 6.17 m<sup>3</sup>/s a través de ocho (8) canales colectores principales con alineación aproximada y sentido de flujo de norte a sur y diecinueve (19) canales colectores secundarios trazados transversalmente a los principales. Todos los canales serán de sección transversal rectangular, revestidos de concreto ( $n= 0.016$ ) y con un ancho de solera entre 0.30 m y 1.00 m.

# CONTENIDO

	Página
<b>HOJA DE APROBACIÓN</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iv
<b>RESUMEN</b> .....	v
<b>CONTENIDO</b> .....	vi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE APÉNDICES</b> .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR</b> .....	4
1.1 Planteamiento del Problema .....	4
1.2 Objetivos de la investigación .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2.1 Objetivo general.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2.2 Objetivos específicos.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Justificación de la investigación .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Alcance de la investigación .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>CAPÍTULO II. GENERALIDADES</b> .....	9
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio .....	9
2.2 Geología.....	10
2.3 Geomorfología .....	11
2.3.1 Mesas inclinadas .....	12
2.3.2 Mesa moderadamente conservada .....	12
2.3.3 Mesas fuertemente disectadas.....	12
2.3.4 Colinas y lomas.....	13
2.4 Suelos.....	13
2.4.1 Suelos presentes en las mesas inclinadas y moderadamente conservadas .	13
2.4.2 Suelos presentes en la mesa fuertemente disectada .....	13
2.4.3 Suelos presentes en las colinas y lomas .....	14

2.5 Vegetación del área de estudio .....	14
<b>CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
3.1 Antecedentes de la investigación .....	16
3.2 Fundamentos teóricos.....	20
3.2.1 Variables hidrometeorológicas .....	20
3.2.2 Curva de intensidad duración y frecuencia (IDF).....	27
3.2.3 Factores que afectan a la capacidad de infiltración.....	28
3.2.4 Estimación del coeficiente de infiltración .....	30
3.2.5 Estimación del coeficiente de escorrentía. ....	30
3.2.6 Regionalización de caudales.....	32
3.2.7 Canales: .....	32
3.2.8 Canales abiertos. ....	33
3.2.9 Tipos de flujo .....	34
3.2.10 Estado del Flujo .....	36
3.2.11 Geometría de canal .....	41
3.2.12 Elementos Geométricos de una sección de canal .....	42
3.2.13 Sistemas de recolección de aguas de Lluvia.....	44
3.3 Bases legales .....	52
3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela .....	52
3.3.2 Ley de aguas (Gaceta oficial No 35595 del 02/01/2007).....	52
3.4 Definición de términos básicos .....	53
<b>CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>	<b>58</b>
4.1 Tipo de investigación.....	58
4.1.1 Investigación a proyecto factible .....	58
4.2 Diseño de la investigación .....	58
4.2.1 Investigación de campo .....	58
4.2.2 Investigación documental.....	59
4.3 Población de la investigación.....	59
4.4 Muestra de la investigación.....	60
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	60
4.5.1 Técnicas de recolección de datos .....	60
4.5.2 Instrumentos de recolección de datos .....	61
4.6 Flujograma de la metodología del trabajo .....	62
4.6.1 Recopilación bibliográfica y material técnico .....	62

4.6.2 Caracterización climatológica .....	63
4.6.3 Definición de parámetros geométricos e hidráulicos .....	63
4.6.4 Determinación del caudal de cuenca y subcuencas .....	64
4.6.5 Cálculo de parámetros hidráulicos de canales .....	65
4.6.6 Definición de trazado en planta y perfil longitudinal de canales .....	69
4.6.7 Análisis e interpretación de resultados.....	70
4.6.8 Propuesta .....	70
4.6.9 Conclusiones y recomendaciones .....	70

## **CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 72**

5.1 Caracterización climatológica del área de estudio .....	72
5.1.1 Precipitación sabiduría .....	72
5.1.2 Evaporación .....	75
5.1.3 Temperatura.....	77
5.2 Delimitación de la zona de captación en el área de estudio.....	78
5.2.1 Área de captación.....	78
5.2.1 Delimitación de las subcuencas de la zona de captación .....	79
5.3 Caudal de la cuenca y subcuencas del área de estudio. ....	81
5.3.1 Estimación del coeficiente escorrentía ponderado (Cep) .....	81
5.3.2 Estimación de la Intensidad de las precipitaciones (I).....	83
5.3.3 Estimación de los caudales de drenaje .....	85
5.3.4 Estimación de la capacidad hidráulica de la vía .....	87
5.4 Parámetros hidráulicos de los elementos de drenaje (canales) del sistema de drenaje. ....	88
5.5 Trazado en planta y perfil longitudinal de los canales propuestos.....	89
5.5.1 Trazado en planta .....	89
5.5.2 Perfiles longitudinales .....	90

## **CAPÍTULO VI. LA PROPUESTA ..... 92**

6.1 Objetivo de la propuesta .....	92
6.2 Alcance .....	92
6.3 Justificación .....	92
6.4 Metodología de trabajo .....	93
6.5 Propuesta de canales .....	93
6.5.1 Dimensionamiento básico .....	94
6.5.2 Premisas de trazado.....	94
6.5.3 Rejillas de protección .....	95

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** ..... 97  
    Conclusiones .....97  
    Recomendaciones.....98

**REFERENCIAS** ..... 99

**APÉNDICES**..... 103

## LISTA DE FIGURAS

		Página
2.1	División político territorial del Edo Anzoátegui (INE, 2014).....	10
3.1	Ubicación relativa del área de estudio (Maps, 2015).....	11
3.1	Curva IDF de la región hidrológica III (Arocha, 1983).....	28
3.2	Flujo en canales abiertos (Chow, 2004).....	35
3.3	Elementos geométricos de un canal (Rodríguez, 2008).....	45
3.4	Curvas de pavimento (Arocha, 1983).....	48
4.1	Flujograma de metodología de trabajo .....	72
5.1	Distribución anual de la precipitación (mm). Estación San Diego de Cabrutica (INAMEH, 2014).....	74
5.2	Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Zuata (INAMEH, 2014).....	75
5.3	Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Uverito (INAMEH, 2014).....	75
5.4	Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Musinacio (INAMEH, 2014).....	76
5.5	Variación anual de la evaporación (mm). Estación Musinacio (INAMEH, 2014).....	77
5.6	Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la Estación Musinacio (INAMEH, 2014).....	79
5.7	Detalle de área de captación .....	80
5.8	Nomenclatura de designación de las parcelas, sectores y nodos de los tramos viales .....	81
5.9	Código de colores de las Subcuencas y direcciones preferenciales de flujo en flechas negras .....	81
5.10	Curva IDF para $T_r = 25$ años. Estación San Diego de Cabrutica (INAMEH, 2014).....	84
5.11	Trazado en planta de los canales principales.....	90
6.1	Sección transversal típica de un canal .....	96
6.2	Sección transversal y en planta de la calzada y detalle de canal con rejilla.....	97

## LISTA DE TABLAS

		Página
3.1	Coeficientes de Escorrentía (Arocha, 1983).....	47
3.2	Zonificación y Coeficientes de Escorrentía (Arocha, 1983).....	47
4.1	Valores de velocidades máximas (González, 2004).....	67
5.1	Características de las estaciones utilizadas (INAMEH, 2014).....	73
5.2	Precipitación media mensual y anual (mm)-Período 1971-2007 (INAMEH, 2014).....	74
5.3	Evaporación media, mensual y anual (mm)-Período 1971-2007 (INAMEH, 2014).....	77
5.4	Temperatura máxima, media y mínima (°C) Período 1971-2007 (INAMEH, 2014).....	78
5.5	Distribución de áreas del urbanismo según uso de la tierra .....	79
5.6	Coeficientes de escorrentía (Arocha, 1983).....	82
5.7	Coeficiente de escorrentía ponderado.....	83
5.8	Datos para curva IDF de la estación San Diego de Cabrutica para el período 1968 – 2000 para diferentes tiempos de retorno (Tr) (INAMEH, 2014).....	84
5.9	Intensidad de la lluvia (I) por tramo vial .....	85
5.10	Caudales drenados por parcela y sector .....	86
5.11	Caudales drenados por cada canal principal y secundario en cada subcuenca .....	87
5.12	Capacidad hidráulica de las vías .....	88
5.13	Parámetros geométricos e hidráulicos de cada canal .....	89

## LISTA DE APÉNDICES

	Página
<b>A DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS POR SECTOR Y PARCELA.....</b>	106
A.1 Distribución de áreas por sector para las parcela A, B, C y D según el uso del suelo .....	107
A.2 Distribución de áreas por sector para las parcela E, F, G y H según el uso del suelo .....	108
A.3 Distribución de áreas por sector para las parcela I, J, K y L según el uso del suelo .....	109
<b>B ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....</b>	110
B.1 Coeficiente de escorrentía ponderado de los sectores de las parcelas A, B, C y D .....	111
B.2 Coeficiente de escorrentía ponderado de los sectores de las parcelas E, F, G y H .....	112
B.3 Coeficiente de escorrentía ponderado de los sectores de las parcelas I, J, K y L .....	113
<b>C PERFILES LONGITUDINALES DE CANALES.....</b>	114
C.1 Perfil longitudinal del canal principal izquierdo 4-19 .....	115
C.2 Perfil longitudinal del canal principal derecho 6-23 .....	115
C.3 Perfil longitudinal del canal principal izquierdo 4-20 .....	116
C.4 Perfil longitudinal del canal principal izquierdo 4-20 .....	116
C.5 Perfil longitudinal del canal principal derecho 4-21 .....	117
C.6 Perfil longitudinal del canal principal izquierdo 4-21 .....	117
C.7 Perfil longitudinal del canal principal derecho 5-22 .....	118
C.8 Perfil longitudinal del canal principal izquierdo 5-22 .....	118

## INTRODUCCIÓN

En Venezuela, al centro oeste del estado Anzoátegui, se encuentra ubicada la población de Pariaguán, la cual está inserta en el bloque Junín de la denominada Faja Petrolífera del Orinoco. En dicha población se ha previsto la construcción de cuatro (4) conjuntos residenciales y específicamente en este estudio se tratará sobre la futura construcción del conjunto residencial “Nueva Betania”, el cual ha sido codificado como P-3.

A través de este estudio se pretende consolidar la caracterización de los diferentes parámetros que permitirán integrar una investigación de carácter proyectiva cuyo objetivo principal sería la de proponer un sistema de drenaje de aguas de escorrentía de lluvia para el conjunto residencial “Nueva Betania”.

Tal como se afirmó anteriormente, esta investigación está enmarcada en un proyecto factible, para lo cual se aplicará un diseño o estrategia de investigación de campo y documental, en la cual fue necesario desarrollar una serie de actividades tendentes a documentar y analizar el clima predominante en la zona de estudio, delimitar la cuenca y subcuencas de drenaje del área de estudio, calcular los caudales de drenaje aportado por cada subcuenca, realizar el trazado en planta y perfil longitudinales de los canales de drenaje que integrarían el sistema de captación y conducción de las aguas de escorrentía pluvial y finalmente, estimar las características geométricas, dimensionales e hidráulicas de los elementos que constituyen el sistema de drenaje del urbanismo.

Este documento está compuesto por seis (6) capítulos donde:

El Capítulo I. Situación a investigar: describe de manera detallada el problema que está sometido a estudio, además se detallan sus objetivos con fin a ser alcanzado dentro de la investigación y se justifica la necesidad de investigar sobre el tema planteado, al igual que se puntualizan los alcances.

El Capítulo II. Generalidades: versa sobre las generalidades del área de estudio describiendo la ubicación geográfica, y demás características como geología, geomorfología, suelos y vegetación.

El Capítulo III. Marco Teórico: incluye el conocimiento o fundamentos teórico que sustenta la investigación, en él se expresan teorías, enfoques e implica el análisis de investigaciones, antecedentes relacionados al estudio, el marco legal vigente que rige la materia que es objeto de esta investigación.

El Capítulo IV. Marco metodológico: está relacionado con los procedimientos, técnicas, métodos y la caracterización general de la investigación. También se presenta en este capítulo, el tipo y diseño de la investigación, además de la población y muestra consideradas en el estudio. Igualmente serán puntualizadas las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos, describiendo a su vez, los procedimientos encaminados al logro de los objetivos propuestos.

El Capítulo V. Análisis e interpretación de resultados: apela al diseño propuesto del Sistema de drenaje superficial para conducción de aguas pluviales en el conjunto urbanístico “Nueva Betania”, y se muestra los cálculos realizados y obtenidos referentes a caudales y elementos hidráulicos, además de esquemas de secciones transversales y perfiles longitudinales.

Finalmente, el Capítulo VI. Propuesta: centrado principalmente en la presentación de la propuesta, en este se describen los elementos que conforman el

sistema de drenajes para el urbanismo “Nueva Betania” y se detallan las características esenciales de los elementos principales del sistema.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1 Planteamiento del Problema

Desde la aparición del hombre en la tierra, el mismo ha sido testigo, muchas veces sin entenderlo, del desarrollo del ciclo del agua en la naturaleza, el cual ha sido tema de estudio a lo largo de los años.

A nivel mundial es común observar la presencia de fenómenos climáticos que afectan enormemente a las diferentes poblaciones que allí se encuentren localizadas, debido a ello, se puede notar la gran acumulación de agua en las calles y carreteras de diversos sitios, esto sucede debido a varios factores, pero uno de los principales es la falta de drenajes para canalizarlas.

El aumento de la población, el desarrollo de países, estados y ciudades en los últimos tiempos han traído como consecuencia la búsqueda de soluciones rápidas y eficaces que den solución a la alta demanda de la población, tal es el caso de los servicios públicos los cuales afectan directamente la calidad de vida de las personas, entre los que tienen especial importancia la recolección y disposición de las aguas pluviales, comúnmente conocido como drenaje urbano.

En la actualidad existe una evidente problemática en los sectores urbanizados de las grandes poblaciones de Latinoamérica, que han venido creciendo indiscriminadamente sin una planificación verdaderamente efectiva, pues en la mayoría de los casos las construcciones de las viviendas no cumplen con las leyes y reglamentos indicados por los organismos establecidos para ello, en este caso

específico, con los reglamentos que están relacionados con la recolección, conducción y disposición de las aguas de lluvia.

Hoy en día los daños ocasionados por las lluvias son cada vez mayores, debido a que la capacidad de infiltración del suelo ha disminuido y han aumentado en gran magnitud los escurrimientos de agua debido al desarrollo de las ciudades, los cuales han llegado a convertirse en una verdadera calamidad pública, afectando a las personas y sus bienes así como también la propia infraestructura vial.

En este sentido, se puede observar que en Venezuela se presentan graves casos de inundaciones y crecidas de los cursos naturales del agua cuando se suscitan ciclos de pluviosidad de relativa intensidad y duración, lo cual generalmente provoca el colapso de los sistemas de drenaje, los cuales o no están establecidos o simplemente no tienen la capacidad requerida para la disposición de las aguas producto de las precipitaciones. Por lo general estas aguas desembocan en ríos, lagunas o quebradas y en el mar en las zonas costeras, sin embargo, muchas de estas obras hidráulicas carecen de un funcionamiento o un exceso en las aguas pluviales para la cual estos drenajes fueron diseñados.

Nuestro país también ha sido víctima de las grandes inundaciones ocasionadas por las descargas pluviales como ejemplo tenemos un artículo publicado en (Diario El Mundo, 2010) donde destaca que las fuertes lluvias en el país dejan más de 60.000 personas sin hogares, y además dejaron 32 muertos y daños severos a la infraestructura vial. Y también lo publicado en Noviembre de 2011 por (Diario Ultimas Noticias, 2011), aproximadamente 4 horas continuas de lluvia anego vías principales, además de 60 viviendas en Higuerote y Rio Chico, Municipio Brion y Páez en el estado Miranda. El agua entró y salió de las casas. Alcanzando 70 centímetros de altura. Las inundaciones se debieron al colapso de los drenajes.

En el conjunto urbanístico “Nueva Betania” (P-3), Pariaguán, estado Anzoátegui se han propuesto una serie de canales abiertos (principales y secundarios) cuyo propósito es encauzar y conducir las aguas de drenaje pluvial hasta la salida del urbanismo. Sin embargo, el sólo diseño estático de los canales no sirve de nada, por lo cual se hace necesario efectuar el modelamiento de los flujos que transitan por esos canales. En ese sentido, se prevé utilizar aplicaciones computarizadas como HCANALES o HEC-RAS que permiten modelizar las características de los flujos que se producirán en dichos canales abiertos y si estos soportarán dichos flujos sin que se generen desbordamientos.

De acuerdo a lo citado anteriormente, cabe plantear las siguientes interrogantes de investigación:

¿Cuál es el comportamiento climatológico de la zona de estudio?

¿Qué magnitudes de caudales transitarían por el sistema de drenaje?

¿Cuáles serían las características geométricas e hidráulicas de los elementos del sistema de drenaje?

¿Cómo sería el trazado en planta y el perfil longitudinal de los elementos del sistema de drenaje?

¿Cómo sería el comportamiento de los flujos en cada tramo de canales del sistema de drenaje?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Modelamiento de las características hidráulicas de los flujos superficiales que se producirán en los canales abiertos propuestos del sistema de drenaje de aguas pluviales del conjunto urbanístico “Nueva Betania”(P-3), Pariaguán, municipio Francisco de Miranda, estado Anzoátegui, Venezuela.

### **3.2.2 Objetivos específicos**

1. Caracterizar climatológicamente el área de estudio.
2. Definir los parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona de captación en el área de estudio
3. Determinar el caudal de la cuenca y subcuencas del área de estudio
4. Definir el trazado en planta y perfil longitudinal de los canales de drenaje previstos en la zona de estudio.
5. Determinar los parámetros geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje propuestos.

### **3.3 Justificación de la investigación**

Las inundaciones urbanas, producto de precipitaciones, constituyen un fenómeno que merece respuestas rápidas y eficientes para la creación de sistemas de drenajes capaces de recolectar, encauzar y disponer adecuadamente los excesos de las

aguas pluviales en las diversas localidades. Es por ello que si no se realiza un buen estudio climatológico de la zona corremos el riesgo de que ocurran los problemas antes mencionados.

Es de vital importancia realizar la investigación para que la comunidad que habitará el urbanismo y sus cercanías no corran peligro de sufrir daños físicos ni estructurales en su entorno.

### **3.4 Alcance de la investigación**

En esta investigación se plantea hacer la caracterización de los flujos que transitarán a través de un sistema de canales de drenaje de aguas superficiales para el conjunto residencial “Nueva Betania” (P-3) en la población de Pariaguán.

Para realizar esta propuesta es necesario conocer climatológicamente el área en estudio, para así poder definir los parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona.

Se deben determinar los caudales de la cuenca y subcuencas del área, en este caso se hará por el método racional; de igual manera haremos el trazado en planta y perfil longitudinal de los canales de drenaje previstos, que nos permitirán hallar los parámetros geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje.

## CAPÍTULO II GENERALIDADES

### 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El estado Anzoátegui posee una superficie de 43.300 Km<sup>2</sup>, que representa el 4,7% del territorio nacional, limita al Norte con el Mar Caribe; al Sur con el estado Bolívar; al Oeste con los estados Miranda y Guárico y al Este con los estados Sucre y Monagas. La capital del estado es Barcelona y sus principales ciudades: Anaco, Aragua de Barcelona, Cantaura, Clarines, El Tigre, Pariaguán, Píritu, Puerto La Cruz, San Tomé, Santa Rosa y Soledad.



Figura 2.1 División político territorial del Edo Anzoátegui (INE, 2014).

El municipio Francisco de Miranda tiene una población de 34769 habitantes y en él se encuentra la población de Pariaguán. Tiene este municipio una extensión territorial de 5334 km<sup>2</sup>.

El área de interés para la realización del presente estudio comprende una superficie de 16.93 ha, dentro de la cual se localiza la poligonal urbana del centro poblado de Pariaguán.

Pariaguán es la capital del municipio Francisco de Miranda. Se encuentra ubicada en una de las zonas con menos precipitación de Venezuela,<sup>1</sup> debido a que forma parte de la meseta centro-oriental conocida como “la Mesa de Guanipa”. Esta ciudad se puede considerar como el corazón de la Faja Petrolífera del Orinoco, no solo porque alberga la sede principal de la estatal petrolera PDVSA, sino porque es un punto de interconexión hacia las áreas operacionales más importante de dicha estatal, la cuales están situadas en el municipio José Gregorio Monagas. (INE,2015)



Figura 2.2 Ubicación relativa del área de estudio (Maps, 2015).

## 2.2 Geología

Los llanos de Venezuela Oriental presentan mayor diversidad geomorfológica por influencia de su geología. El manto pleistoceno (Formación Mesa) ha sido

removido por erosión en gran parte de Guárico y en Anzoátegui suroriental, y las formaciones arcillosas de Mioceno así expuesta producen una topografía caracterizada por un drenaje más complejo, reticular y dendrítico y en consecuencia, más disecada que las monótonas mesas del este-sureste de Anzoátegui y Monagas sur-central.

La zona erosionada termina hacia el este en una notable línea de farallones indentados que se extienden de sur a norte, desde la región de San Diego de Cabrutica, hasta cerca de Santa Rosa, estado Anzoátegui. Esta línea forma de modo general, la divisoria generalizada entre los llanos centrales (principalmente Guárico) y los orientales (principalmente Monagas y Anzoátegui suroriental). En contraposición con los primeros, los llanos orientales se caracterizan por la presencia de mesas extensas y planas (entre los cuales se destacan las de Guanipa, Morichal Largo y Tigre), de unos 280 metros de alturas sobre el nivel del mar, y 120 metros sobre el nivel de la llanura circúndate, siempre mal drenadas, frecuentemente con drenaje centripeto hacia una depresión central o axial. Estas suelen estar bordeadas por los farallones abruptos que constituyen el cauce mayor de los morichales o de los grandes ríos, de curso generalmente oeste-este. (INAMEH, 2014)

### **2.3 Geomorfología**

Las instalaciones del proyecto se encuentran en la región natural Llanuras Disectadas Centrales, que a su vez se insertan dentro de la Provincia Fisiográfica de los Llanos Orientales Venezolanos, constituidas por los siguientes paisajes y relieves.

### **2.3.1 Mesas inclinadas**

La unidad está constituida por formas de mesa de moderada a baja elevación que han sufrido basculamiento, sus altitudes varían entre 78 y 121 msnm. Además, presenta bajo grado de pendiente (<3%). excepcionalmente en los núcleos de relieve colinoso las pendientes llegan al 6%. No se observa erosión profunda en surcos o cárcavas, pero por su grado de inclinación predomina el transporte de sedimentos desde las partes más altas. Localmente se observan colinas aisladas o pequeños promontorios con afloramientos de material ferruginoso.

### **2.3.2 Mesa moderadamente conservada**

Las mesas moderadamente conservadas son extensas geoformas semi planas a suavemente onduladas que han sufrido un proceso geológico de denudación, presenta valores de altitud que van de 80 a 144 m y bajos pendientes 0 y 2%. Localmente, se presentan colinas redondeadas que presentan mayor contenido de material ferruginoso. En otros casos, se encuentran vegas coluvio-aluviales principales o laterales de configuración alargada y de perfil transversal cóncavo.

### **2.3.3 Mesas fuertemente disectadas**

Las mesas fuertemente disectadas son unidades de forma tabular, de relieve plano a ondulado, con irregularidades topográficas moderadas, cuya principal característica son los significativos desniveles altimétricos y de pendiente. La morfodinámica de este sector va de muy activa en los taludes de las mesas con pendientes entre 60 y 90%, a medianamente activa en los sectores de tope y glacis con pendientes entre 19 y 25%. Las altitudes van de 140 a 160 msnm.

#### **2.3.4 Colinas y lomas**

Las colinas están constituidas por geoformas que resultan del proceso de degradación y disección de los materiales menos consolidados de la Formación Mesa y Las Piedras, por ello quedan expuestos sectores que exhiben mayor resistencia a la erosión. Son excesivamente drenadas y tienen un perfil inclinado. Sus altitudes llegan a 200 msnm y tienen pendientes de un 34%. (INAMEH, 2014)

### **2.4 Suelos**

#### **2.4.1 Suelos de las mesas inclinadas y moderadamente conservadas**

Presentan suelos profundos, de texturas medias y arenosas con subsuelos de arcilla arenosa, de buen drenaje; aunque en pequeños sectores se presentan suelos arenosos con pedregosidad superficial y suelos franco-arenosos con subsuelos arcillosos. Son suelos ácidos, de baja fertilidad natural y de moderada susceptibilidad a la erosión y en algunos sectores, con mayor potencial erosivo. Desde el punto de vista taxonómico, gran parte de estos suelos son del grupo Typic paleudults, Typic paleustults, Typic Ustipsamments y Oxic dystrostepts, caracterizados por tener buen drenaje, moderada permeabilidad, de textura arenosa o arena francosa en el Horizonte A y franco arcillo arenosa a franco arcillosa o arcillosa en su Horizonte B.

#### **2.4.2 Suelos de la mesa fuertemente disectada**

Se presentan mayormente suelos poco estables y susceptibles a la erosión concentrada, de drenaje interno moderado y externo rápido. Son predominantemente arcillosos, aunque en las vegas coluvio aluviales provienen de aportes laterales y longitudinales, por lo que en este caso son de texturas arenosas en todo el perfil. Desde el punto de vista taxonómico, gran parte de estos suelos son del grupo Typic

quartzipsamments, Typic ustorthents, Arenic haplustults, Typic plinthustults y Ultic haplustox.

### **2.4.3 Suelos presentes en las colinas y lomas**

Los suelos se caracterizan por presentar en general un alto desarrollo pedogenético con presencia de un horizonte de acumulación de arcillas a los 30-40 cm de profundidad. El drenaje externo rápido, interno moderado y permeabilidad moderada. En otros casos, el suelo presenta un horizonte óxico indicador de un alto desarrollo. Las saturaciones con bases son bajas (35%), baja capacidad de intercambio catiónico y pH ácidos (5). Gran parte de estos suelos son del grupo Typic paleustults, Ultic haplustox y Oxic dystrostepts. (INAMEH, 2014)

### **2.5 Vegetación del área de estudio**

La región en estudio según el Atlas de vegetación de Venezuela pertenece a la zona de vida Bosque Seco Tropical (BST), ubicada al Norte del río Orinoco, principalmente en los llanos centrales. De acuerdo con el mapa de vegetación de Huber y Alarcón 1886, la vegetación está representada por las sabanas características de *Trachipogon sp*, localizadas en posiciones geomorfológicas de topes y glacis cubriendo una amplia extensión de la Formación Mesa.

Estas sabanas a su vez se encuentran asociadas a un componente leñoso constituido por las especies chaparro (*Curatella americana*), alcornoque (*Bowdichia virgilioides*) y chaparro manteco (*Byrsonima crassifolia*).

En zonas de vegas de los ríos se encuentran los denominados matorrales que es un tipo de vegetación secundaria asociada con el abandono de actividades agrícolas de subsistencia, dentro de las especies comunes se encuentran: *Piptadenia sp* (yopo) y

normalmente asociadas con mejores condiciones de fertilidad edáfica como *Panicum maximum* (guinea), *Hiparrhenia rufa* (yaraguá), *Rinchelytrum repens*, o *Salanum sp.* (bola de gato).

Hacia el este del área estudiada dentro de la matriz de sabana se puede diferenciar herbazales gramínoideas, periódicamente inundables dominados por *Leersia hexandra* e *Hymenachne amplexicaulis*, *Paspalum fasciculatum*, así como también, en menor proporción la especie flotante de *Paspalum repens*.

Los bosques de galería en el área estudiada se localizan en las márgenes de los cauces de los ríos Pariaguán, El Corozo y Agua Clara presentan un dosel de porte bajo a medio (> a 12 m), de cobertura semidensa a densa, dentro de las especies más características en esta cobertura se encuentran *Copaifera officinalis* (aceite), *Lonchocarpus punctatus* (aco), *Zanthoxylum fagara*, *Bourreria cumanensis* (guatacaro), *Protium guianensis* (currucay), *Mauritia flexuosa* (moriche), *Hymenea courbaril* (algarrobo), *Spondias mombin* (jobo), *Tapirira guianensis*, *Lecthys ollaria* (coco de mono), *Guazuma ulmifolia* (guacimo) *Tapirira guianensis* (jobillo), *Simphonia globulifera*, *Duguetia riberensis*, *Sclerolobium aureum*, *Copaifera pubiflora* (copaiba), *Trichilia singularis*, *Coccoloba caracasana*, *Licania apetala*.

En las partes más abiertas, se pueden ubicar *Montrichardia arborecens* (rábano de agua) y *Achrosticum aureum* (helecho de agua), mientras que en el sotobosque se encuentran *Randia aculeata* (cruceto), *Jatropha ureans* (guaritoto), *Casearia silvestris* (tortolito), *Fagara caribea* (mapurite blanco).

En cuanto al uso de la tierra, el área estudiada se caracteriza por un alto grado de intervención que ha dado paso al uso agrícola animal que corresponde a la ganadería extensiva, vacuna y caballar, así como también el desarrollo de vías de acceso asociadas con la actividad agropecuaria. (INAMEH, 2014).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes de la investigación**

Con la finalidad complementar la información documental sobre tema de investigación se ha considerado prudente mencionar algunas investigaciones anteriores, relacionados con el tema en estudio, con la finalidad de comparar y ampliar la información. A continuación se citaron los siguientes proyectos de grado:

. Benitez y Seijas, (2.013), en su trabajo de grado titulado: **“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA CALLE VICTORIA A LA ALTURA DEL BARRIO LIBERTAD, DE LA PARROQUIA AGUA SALADA, MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR”** plantean como objetivo principal: “Formular una propuesta de un sistema de recolección de aguas pluviales en la calle Victoria del Barrio Libertad parroquia Agua Salada Ciudad Bolívar-Estado Bolívar”, buscando una posible solución a la problemática de inundaciones en zonas urbanas que suelen producirse en épocas de lluvia principalmente en los sectores marginados, como barrios y específicamente como lo es en el Barrio Libertad.

En ese sentido, esta investigación aportará metodológicamente los procedimientos de diseño que en ella se aplicaron y que pueden ser utilizados en el presente estudio.

Blanco Gladys y De Brito Roger, (2009), en su tesis de grado titulada **“DISEÑO DE PROGRAMA COMPUTARIZADO PARA EL ESTUDIO DE CANALES ABIERTOS. UNIVERSIDAD DE ORIENTE. CIUDAD BOLÍVAR. VENEZUELA”**, evaluaron y diseñaron un programa para la construcción de canales abierto por el método de tablas. Siguieron un tipo de investigación proyectiva y un

diseño de tipo aplicada, debido a que la creación del programa constituye una solución al problema planteado y da respuesta a sus objetivos. Como conclusión resultaron cuarenta y cuatro algoritmos que varían según el procedimiento de cálculos, ya sea para canales revestidos, para canales revestidos con cobertura vegetal, y para canales no revestidos, utilizaron un lenguaje de programación llamado Microsoft Visual Basic y un manejador de base de datos conocido como Microsoft Access; ambos permiten una gestión eficiente y rápida de los datos. Cabe destacar que utilizaron un ejemplo físico, tomando el canal revestido de la urbanización Vista Hermosa para verificar la eficiencia del programa. Este trabajo es relevante para el presente por el tipo de investigación que presenta la metodología en el desarrollo del proyecto.

Quintal y Velásquez (2009), en su trabajo de grado titulado: **“ESTUDIO HIDROLÓGICO PARA DISEÑAR SISTEMAS DE DRENAJES TRANSVERSALES EN EL TRAMO VIAL LAS CAÑAS-GUANOCO, MUNICIPIO BENÍTEZ, ESTADO SUCRE”** concluyeron que la delimitación de las cuencas con la cartografía en físico refleja líneas divisorias de acuerdo al comportamiento de las curvas de nivel, las cuales dan una idea de la dirección del flujo del agua hacia un punto de descarga que intercepta la trayectoria vial del tramo en estudio. Se considera de gran importancia este estudio y se relaciona con la presente investigación debido a que nos proporciona información acerca de cómo trabajar con la cartografía, mostrando así el comportamiento de las curvas de nivel.

Morales y Ontón (2010) en su trabajo de grado titulado **“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA RED DE DRENAJES DE AGUAS PLUVIALES ADYACENTES AL CANAL DE CINTURA EXISTENTE DESDE LA PROGRESIVA 1+235 HASTA LA 2+554 EN CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR”**. Concluyeron que en las curvas I.D.F fueron posibles representar lluvias de duraciones inferiores a 1 h, a pesar de que fueron elaboradas con datos de

precipitaciones superiores a 1h (1,3,6,9,12 y 24)h, esto se debe a los métodos estadísticos aplicables a la hidrología, como fueron los métodos gráfico y analítico.

La investigación antes mencionada se vincula con nuestro estudio debido a que proporciona conocimientos acerca de los sistemas de drenajes de aguas pluviales y las posibles consecuencias que pueden presentarse si no se le realiza un mantenimiento constante evitando la acumulación de desperdicios dentro de ellos.

Rubén R, (2009), estudiante del Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño Extensión Barinas. En su trabajo especial de grado titulado: **“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL EN LA VIALIDAD RURAL DE SANTA LUCIA – JACOA, (FUNDO ZAMORANO) DEL MUNICIPIO BARINAS ESTADO BARINAS”**. El proyecto se describe como de tipo factible, apoyado en un diseño o de investigación documental y de campo. El mismo consistió en proporcionar una solución a la problemática planteada el cual permitirá por medio de la topografía demarcar la posición exacta del drenaje a utilizar de acuerdo a su condición de uso (longitudinal o transversal); de igual manera se determinan las nuevas estructuras hidráulicas acordes a las nuevas secciones correspondientes al diseño.

Este proyecto guarda estrecha relación con el proyecto de investigación debido a que el tipo de investigación que se llevó a cabo es al igual un proyecto factible. Además se comparó el cálculo de los elementos hidráulicos del canal.

Socorro y Rodríguez (2005) en su trabajo de grado realizaron una investigación denominada **“CAUSAS DE INUNDACIONES POR LLUVIA EN LA**

**URBANIZACIÓN ALTOS DEL PILAR**”, cuyo objetivo fue analizar las causas de inundaciones por lluvia en la Urbanización Altos del Pilar. El tipo de investigación utilizada fue de carácter descriptivo. La información se obtuvo por medio de la observación directa en el sitio, toma de fotografías y entrevistas realizadas los habitantes de la urbanización. Entre los resultados obtenidos, se revela que la urbanización presenta problemas de drenaje de aguas de lluvia en sus calles y en los sistemas cloacales, debido a la adición o incorporación de aguas provenientes de otras urbanizaciones y al uso de los sistemas cloacales como conductos recolectores de aguas de lluvias provenientes de las casas.

Este trabajo es relevante para el presente ya que se utilizaron similares técnicas e instrumentos para la recolección de datos para sustentar el proyecto del sistema de drenaje de aguas pluviales del urbanismo.

Cardenas R. en su trabajo de grado titulado **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL ÓPTIMO Y FUNCIONAL PARA EL SECTOR “LA ROTARIA” DE LA PARROQUIA RAÚL LEONI DE MARACAIBO, ESTADO. ZULIA**”, realizó la determinación de la intensidad de lluvia en la zona de estudio mediante el método Gumbel, el mismo se basa en la distribución de valores extremos, se consideró los datos de las precipitaciones caídas en la zona para realizar el cálculo del período de retorno y las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF). Además, se estimó el caudal perteneciente a las áreas de estudio mediante el método racional, basándose en el coeficiente de escorrentía de la zona y un tiempo de concentración tomado de la información meteorológica del estado Zulia.

El proyecto de investigación se relaciona con la presente ya que se utilizó el método racional para el cálculo del caudal que pasa por el sistema de drenaje.

Arana y Jiménez (1999), realizaron en la Universidad Central de Venezuela el estudio titulado. “**MANTENIMIENTO DE DRENAJES EN LA VIALIDAD**”, esta investigación proporciona conocimientos básicos en lo que se refiere al sistema de drenaje vial, analizando la planificación del mantenimiento, sus objetivos y procedimientos. Describe las fallas en los sistemas de drenajes, sus efectos y causas, además toca aspectos del mantenimiento correctivo, métodos de reconstrucción y rehabilitación de canales.

La investigación antes mencionada, brinda como aporte al presente estudio las características técnicas de los sistemas de drenaje vial y como aplicar un mantenimiento, aunque la misma trabaje con aspectos muy generales, se utiliza como guía para no desviarnos del tema principal de estudio.

## **3.2 Fundamentos teóricos**

### **3.2.1 Variables hidrometeorológicas**

Chow (2000) analiza y conceptualiza los parámetros hidrológicos más importantes y afirma lo siguiente:

#### **3.2.1.1 Precipitación**

La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. Los tres mecanismos principales para la elevación de masa de aire son la elevación frontal, donde el aire caliente es elevado sobre el frío por un pasaje frontal; la elevación orográfica, mediante la cual una masa de aire se eleva para pasar por encima de una cadena montañosa; y la

elevación convectiva, donde el aire se arrastra hacia arriba por una acción convectiva, como ocurre en el centro de una celda de una tormenta eléctrica. Las celdas convectivas se originan por el calor superficial, el cual causa una inestabilidad vertical de aire húmedo, y se sostienen por el calor latente de vaporación liberado a medida que el vapor del agua sube y se condensa.

Las pequeñas gotas de agua crecen mediante la condensación e impacto con las más cercanas a medida que se mueven por la turbulencia del aire, hasta que son lo suficientemente grandes para que la fuerza de gravedad sobrepase la fuerza de fricción y empieza a caer, incrementando su tamaño cuando golpean otras gotas en su descenso. Sin embargo, a medida que la gota cae, el agua se evapora de su superficie y su tamaño disminuye, de tal manera que puede reducirse nuevamente al tamaño de un aerosol y desplazarse hacia arriba en la nube debido a la turbulencia.

Las gotas permanecen esféricas hasta un diámetro de alrededor de 1mm, pero empiezan a aplanarse en el fondo cuando aumenta su tamaño, y se deja de ser estables en su caída al atravesar el aire dividiéndose en pequeñas gotas de lluvia. Las gotas de lluvia normales que caen a través de la base de una nube tienen de 0.1 a 3 mm de diámetro. (p. 66).

### **3.2.1.2 Evaporación**

Los dos factores principales que influyen en la evaporación desde una superficie abierta de agua son el suministro de energía para proveer el calor latente de vaporización, y la habilidad para transportar el vapor fuera de la superficie de evaporación. La radiación solar es la principal fuente de energía calórica. La habilidad de transporte del vapor fuera de la superficie de evaporación depende de la velocidad del viento sobre la superficie y del gradiente de humedad específica en el aire por encima de ella.

La evaporación desde la superficie terrestre comprende la evaporación directa desde la superficie del suelo y desde la superficie de la vegetación, y la transpiración a través de las hojas de las plantas, mediante la cual el agua es extraída por las raíces de éstas, transportada hacia arriba a lo largo de sus tallos y difundida a la atmósfera a través de pequeñas aberturas en las hojas llamadas estómagos. Los procesos de evaporación desde la superficie terrestre y de transpiración de la vegetación se conocen con el nombre de evotranspiración. La evotranspiración es influida por los dos factores descritos anteriormente para la evaporación desde superficie abierta de agua, y también por un tercer factor, el suministro de humedad hacia la superficie de evaporación.

La evotranspiración potencial es la que puede ocurrir desde la superficie bien cubierta por vegetación cuando el suministro de humedad es limitado, y se calcula de una forma similar a la que se aplica para la evaporación sobre una superficie abierta de agua. La evotranspiración real cae por debajo de su nivel potencial a medida que el suelo se seca.

### **3.2.1.3 Esguerrimiento**

La cuenca es la entidad que transforma la lluvia en esguerrimiento. El esguerrimiento se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre la superficie o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca, ya sea a un cuerpo de agua o al mar.

Antes de que ocurra el esguerrimiento superficial, la lluvia debe satisfacer las demandas inmediatas de infiltración, evaporación, intercepción y almacenamientos superficiales (vasos o causes). Algunas de esas pérdidas son menores, por ejemplo en un cultivo de maíz, que la intercepción es de 0.5 mm (1mm de lámina de

precipitación distribuido en 1 m<sup>2</sup> equivale a un litro), pero en un bosque puede llegar a ser hasta de 25% de la lluvia.

Despreciando la intercepción por vegetación, el escurrimiento superficial es aquella parte de la lluvia que no es absorbida por el suelo mediante infiltración. (p. 65 a p. 83).

#### **3.2.1.4 Temperatura**

Chereque (2003) afirma que la temperatura es un factor importante del ciclo hidrológico pues interviene en todas sus etapas. Desde el punto de vista práctico, la temperatura interviene como parámetro en las fórmulas para calcular la evaporación y en las fórmulas para calcular las necesidades de agua de riego de las plantas. Como prácticamente en todas partes hay registros de temperatura, su empleo está plenamente justificado.

#### **3.2.1.5 Gradiente vertical de temperatura**

La temperatura disminuye en la tropósfera, en una cantidad que varía según las condiciones locales, pero que en promedio es de alrededor de 0.6 °C por cada 100 m, de ascenso. Esto es lo que constituye el gradiente vertical de temperatura.

#### **3.2.1.6 Inversión de temperatura**

Se llama así al fenómeno que se presenta bajo ciertas condiciones locales y que consiste en lo siguiente. En las primeras horas del día, la tierra se encuentra a baja temperatura debido a que en la noche ha perdido gran cantidad de calor; en ausencia de vientos y con el cielo despejado, las capas inferiores de la tropósfera son más frías

que las inmediatas superiores; como consecuencia la temperatura sube con la altura, en un espesor de algunos centenares de metros.

Esta inversión de temperatura tiende a ser destruida por la mezcla que producen los vientos fuertes próximos al suelo, y desde luego el calentamiento que sigue a la salida del sol termina por restablecer el gradiente normal de temperatura.

### **3.2.1.7 Medición de la temperatura del aire**

Las estaciones meteorológicas disponen de un termómetro de máxima, un termómetro de mínima, y algunas veces de un termógrafo. Estos aparatos están situados a 1.50 m. del suelo, en una cubierta de madera provista de persianas que permiten la libre circulación del aire, pero que protegen los termómetros de la radiación solar directa.

Por convención, la temperatura media diaria se calcula tomando la media aritmética de las temperaturas máximas y mínima, leídas en los termómetros de máxima y de mínima, respectivamente.

### **3.2.1.8 Temperatura media mensual o anual**

Es la media aritmética de las temperaturas medias diarias en el período considerado. De la misma manera se calculan las temperaturas medias de las máximas y de las mínimas.

### **3.2.1.9 Radiación solar**

La radiación solar es la fuente de energía del ciclo hidrológico. No corresponde hacer aquí un estudio detallado de este factor hidrológico, pero tampoco se puede

soslayar su enorme importancia. La radiación solar debe ser considerada como el factor más importante del ciclo hidrológico. Produce variaciones de calor que se traducen en una mayor o menor evaporación.

La tendencia actual en hidrología es que la radiación solar vaya sustituyendo a la temperatura como parámetro en el cálculo de la evaporación y de la transpiración.

#### **3.2.1.10 Radiación directa y difusa**

La intensidad de la energía radiante en los confines de la atmósfera es de unos 2 cal gr/cm<sup>2</sup>/min. Durante su recorrido a través de la atmósfera terrestre, la radiación se debilita por dispersión, en las moléculas de aire seco, y por absorción, por el agua, el polvo y los gases. El resto de radiación solar que llega a la Tierra constituye la radiación directa.

Radiación difusa, es la que proviene de la radiación solar previamente dispersa en la atmósfera. Puede, a veces, exceder en intensidad a la radiación directa.

Cuando ambas radiaciones inciden sobre los objetos, una parte se refleja nuevamente al aire donde a su vez vuelve a reflejar. El problema real no es tan sencillo; pero una descripción como la hecha puede ser suficiente con fines de ilustración.

#### **3.2.1.11 Humedad atmosférica**

La humedad atmosférica expresa el contenido de vapor de agua de la atmósfera, vapor de agua que proviene de la evaporación que tiene lugar en los espejos de agua, en los suelos húmedos o a través de las plantas. La humedad atmosférica interesa a la

hidrología por dos motivos: por ser el origen de las aguas que caen por precipitación y porque determina en cierto modo la velocidad con que tiene lugar la evaporación.

#### **3.2.1.12 Tensión de vapor**

En toda mezcla de gases cada gas ejerce una presión parcial independientemente de los otros gases; la atmósfera es una mezcla de gases; la presión parcial que ejerce el vapor de agua se llama tensión de vapor.

#### **3.2.1.13 Tensión de vapor de saturación**

Un mismo volumen de aire puede contener cantidades variables de vapor de agua. Cuando un volumen de aire contiene la máxima cantidad de vapor de agua para una temperatura dada, se dice que el aire está saturado. Se llama tensión de vapor de saturación a la tensión de vapor en un volumen de aire saturado.

#### **3.2.1.14 Condensación**

Condensación es el proceso mediante el cual el vapor de agua pasa al estado líquido. Por enfriamiento, una masa de aire disminuye su capacidad para contener vapor de agua. Todo exceso de vapor de agua se condensa en pequeñas gotitas (neblinas y nubes).

#### **3.2.1.15 Viento**

El viento no es otra cosa que el aire en movimiento. Es un factor importante del ciclo hidrológico porque influye en el transporte del calor y de la humedad y en el proceso de la evaporación. El viento produce olas en los embalses, olas cuya altura es necesario calcular para determinar la altura de las presas.

El viento es muy susceptible a la influencia del relieve y de la vegetación, por lo que se tiende a estandarizar su medida a algunos metros sobre el suelo. Del viento interesa su velocidad (se mide con los anemómetros) y su dirección (se mide con las veletas). (p. 4 a p. 9).

### 3.2.2 Curva de intensidad duración y frecuencia (IDF)

En la presente investigación, para determinar la intensidad de corriente se deberá determinar el tiempo de concentración y utilizar las curvas IDF de la zona de estudio. En ese aspecto, Chow (1994), señala que se pueden definir como patrones de conductas pluviométricas que registra sobre un área o región específica y que resultan de unir los puntos más representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o periodo de retorno, representando las duraciones en abscisas y las intensidades en las ordenadas. (p. 27). Por otro lado, Arocha (1983) publicó en su obra las curvas de intensidad – duración– frecuencia que serán utilizadas en la zona de estudio, correspondientes a la la región hidrológica III, y la cual se muestra a continuación:

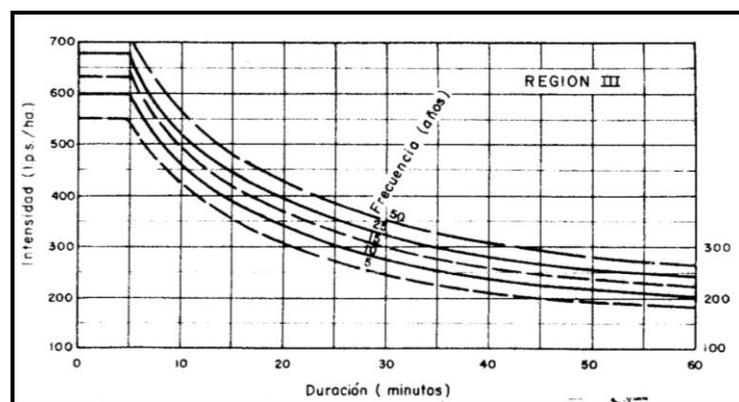


Figura 3.1 Curva IDF de la región hidrológica III (Arocha, 1983).

### 3.2.3 Factores que afectan a la capacidad de infiltración

En relación a la infiltración Breña y Jacobo (2006) señalan que:

El agua precipitada sobre la superficie de la tierra, queda detenida, se evapora, discurre por ella o penetra hacia el interior. Se define como infiltración al paso del agua de la superficie hacia el interior del suelo. Es un proceso que depende fundamentalmente del agua disponible a infiltrar, la naturaleza del suelo, el estado de la superficie y las cantidades de agua y aire inicialmente presentes en su interior.

A medida que el agua infiltra desde la superficie, las capas superiores del suelo se van humedeciendo de arriba hacia abajo, alterando gradualmente su humedad. En cuanto al aporte de agua, el perfil de humedad tiende a la saturación en toda la profundidad, siendo la superficie el primer nivel a saturar. Normalmente la infiltración proveniente de precipitaciones naturales no es capaz de saturar todo el suelo, sólo satura las capas más cercanas a la superficie, conformando un perfil típico donde el valor de humedad decrece con la profundidad.

Cuando cesa el aporte de agua en la superficie, deja de haber infiltración, la humedad en el interior del suelo se redistribuye, generando un perfil de humedad inverso, con valores de humedad menores en las capas cercanas a la superficie y mayores en las capas más profundas. Se destacan los siguientes factores:

a) Lámina de agua dispuesta en la superficie del terreno. La infiltración a través de la superficie del terreno depende del valor de la lámina de agua, así como del tiempo que permanezca en esa misma condición.

b) Conductividad hidráulica de la superficie del terreno. El valor mínimo de la capacidad de infiltración es igual a la conductividad hidráulica saturada. Si existe

vegetación o el suelo presenta alguna estructura, entonces la capacidad de infiltración aumenta considerablemente. Si el estrato superior del suelo contiene material arcilloso, la capacidad de infiltración será grande en los primeros instantes, disminuyendo conforme transcurre el tiempo. El arrastre de sedimentos finos a mayor profundidad y la actividad humana cambian también la capacidad de infiltración de un suelo.

c) Contenido de agua en los estratos de suelo someros. Si el contenido de humedad del estrato más somero del suelo está cercano a la saturación, la capacidad de infiltración será baja. En el caso de que los estratos a mayor profundidad muestren una conductividad hidráulica menor que en los estratos superiores, entonces la saturación se lleva a cabo desde la superficie.

d) Pendiente de la superficie y rugosidad. Si la pendiente de la superficie es considerable, se desarrollará el flujo superficial sobre el terreno impidiendo que la lámina de agua sobre el suelo alcance los valores que se esperan cuando las pendientes son pequeñas. La rugosidad de la superficie influirá en la velocidad que puede alcanzar el escurrimiento superficial sobre el terreno: a mayor rugosidad, el escurrimiento será más lento y la oportunidad de infiltración aumenta; si la superficie está menos accidentada, el escurrimiento será más rápido, disminuyendo la capacidad de infiltración.

e) Características químicas de la superficie del suelo. La vegetación y los microorganismos de los suelos producen diversas sustancias que son repelentes al agua, provocando que por su efecto en ciertas partes de la superficie del terreno la capacidad de infiltración disminuya.

f) Propiedades físicas y químicas del agua. El cambio de temperatura en un suelo provoca un cambio en la conductividad hidráulica. Esto se debe a la

dependencia de las propiedades físicas del agua con la temperatura: a mayor temperatura, valores mayores de conductividad. Por su parte, es importante recalcar que si el agua posee altos contenidos de sólidos disueltos, es posible que parte de estos se depositen en los intersticios del medio poroso, disminuyendo con el tiempo la conductividad hidráulica. (p. 161).

### **3.2.4 Estimación del coeficiente de infiltración**

Schosinsky y Losilla (2000) en el "Manual de Instrucciones de Estudios Hidrológicos" realizado por las Naciones Unidas, con colaboración de los gobiernos de El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y Costa Rica proponen la siguiente ecuación para el análisis del coeficiente de infiltración aparente, que corresponde a la fracción de lluvia que aparentemente se infiltra:

$$C = K_p + K_v + K_{fc} \quad (3.1)$$

Dónde:

C [tanto por uno]= Coeficiente de infiltración.

$K_p$  [tanto por uno]= Fracción que infiltra por efecto de pendiente.

$K_v$  [tanto por uno]= Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal.

$K_{fc}$  [tanto por uno]= Fracción que infiltra por textura del suelo. (p. 44).

### **3.2.5 Estimación del coeficiente de escorrentía.**

La cantidad de agua que escurre por el suelo se expresa generalmente en términos de proporciones y en ese sentido Martínez de Azagra & Navarro (1996) establecen que el coeficiente de escorrentía depende de numerosos factores: del tipo

de precipitación (lluvia, nieve o granizo), de su cantidad, de su intensidad y distribución en el tiempo; de la humedad inicial del suelo; del tipo de terreno (granulometría, textura, estructura, materia orgánica, grado de compactación, pendiente, micro-relieve, rugosidad), del tipo de cobertura vegetal existente; de la intercepción que provoque; del lapso de tiempo que consideremos (minutos, duración del aguacero, horas, días, meses, un año), entre otras. El coeficiente de escorrentía expresado en puede tomar valores comprendidos entre cero y uno. (p. 41)

Por su lado, Bateman (2007) afirma que se denomina coeficiente de escorrentía  $C$ , a la relación promedio entre el volumen de agua que escurre superficialmente  $V_e$ , en una cuenca a lo largo de periodo de tiempo, dividido por el volumen total precipitado  $V_p$ .

$$C = \frac{V_e}{V_p} \quad (3.2)$$

Esta definición es general y se usa para saber la producción media anual de una cuenca. A nivel de episodio también se pueden definir estas cantidades. Si se limita al área de la cuenca  $A$ , el volumen precipitado por unidad de tiempo es exactamente el producto de la intensidad de lluvia  $i$  por el área de la cuenca. El volumen escurrido medio en la cuenca por unidad de tiempo es el caudal medio medido en la cuenca.

Así:

$$C = \frac{V_e/t}{V_p/t} = \frac{Q}{iA} \quad (3.3)$$

$t$ : es la duración del evento. (p. 41).

En la práctica Bolinaga (1979) propone la siguiente fórmula para el cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado (Cep) de una superficie que presente diferentes áreas con diversos usos de suelos:

$$Cep = \Sigma(C_i \cdot A_i) / \Sigma A_i \quad (3.4)$$

Donde:

Cep: Coeficiente de escorrentía ponderado (adimensional)

C<sub>i</sub>: Coeficiente de escorrentía que depende de uso del suelo y pendiente del terreno de un área determinada (A<sub>i</sub>) (según tablas de Arocha 2012, Bolinaga 1979, Benitez 1972, entre otras).

A<sub>i</sub>: Área ocupada por un determinado uso de suelo.

### **3.2.6 Regionalización de caudales**

Al respecto, Erazo (2004) señala que La estimación de caudales máximos para diferentes períodos de retorno, es uno de los principales procedimientos en Hidrología, que tiene como fin la determinación del caudal de diseño para una determinada estructura hidráulica o para el trazado de mapas de inundación. La meteorología más común para la determinación de estos caudales máximos, es la meteorología estadística, la cual ajusta de los datos registrados en una estación hidrométrica a una función de distribución y determina los valores para diferentes períodos de retorno. (p. 5).

### **3.2.7 Canales:**

Por su lado, Rodríguez (2008) afirma que los canales son conductos abiertos o cerrados en los cuales el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna

presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera; esto quiere decir que el agua fluye impulsada por la presión atmosférica y de su propio peso. (p. 1).

### **3.2.8 Canales abiertos.**

Con respecto a los canales abiertos, Chow (2008) señala:

Un canal abierto es un conducto abierto en el cual el agua fluye con superficie libre. De Acuerdo con su origen un canal puede ser natural o artificial.

Los canales naturales incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la Tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, arroyos, ríos pequeños y grandes, y estuarios de mareas. Las corrientes subterráneas que transportan agua con una superficie libre también son consideradas como canales abiertos naturales.

Las propiedades de hidráulicas de un canal natural por lo general son muy irregulares. En algunos casos pueden hacerse suposiciones empíricas razonablemente consistentes con las observaciones y experiencias reales, de tal modo que las condiciones de flujo en estos canales se vuelvan manejables mediante el tratamiento analítico de la hidráulica teórica. Un estudio completo sobre el comportamiento del flujo en canales naturales requiere el conocimiento de otros campos, como hidrología, geomorfología, transporte de sedimentos, etc. Este constituye, de hecho, un tema de estudio por sí mismo, conocido como hidráulica fluvial.

Los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas de drenajes, vertederos, canales de

desborde, canales de madera, cunetas a lo largo de carreteras, etc. Así como canales de modelos construidos en el laboratorio con propósitos experimentales. Las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controladas hasta un nivel deseado o diseñadas para cumplir unos requisitos determinados. La aplicación de las teorías hidráulicas a canales artificiales producirán, por tanto, resultados bastante similares a las condiciones reales y, por consiguiente, son razonablemente exactos para propósitos prácticos de diseño. (p. 19).

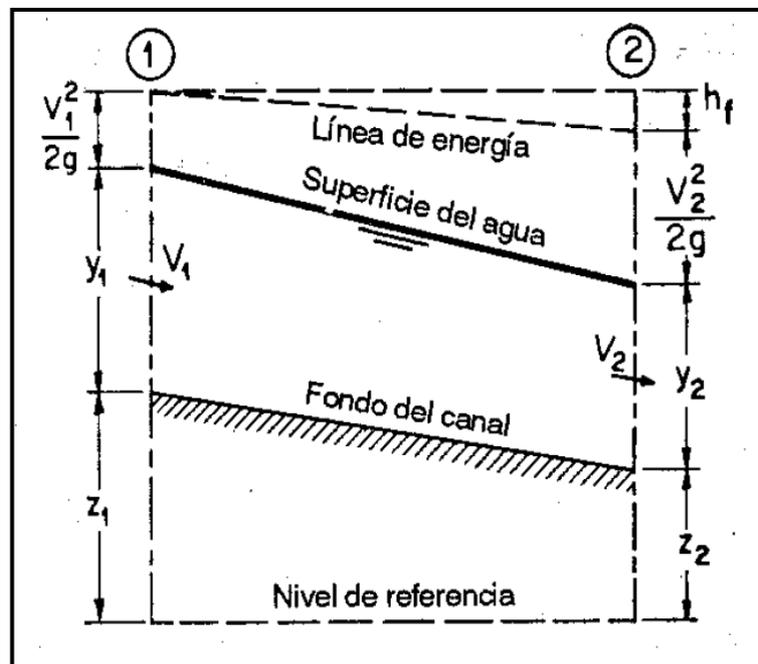


Figura 3.2 Flujo en canales abiertos (Chow, 2004).

### 3.2.9 Tipos de flujo

De acuerdo a Chow (1994), el flujo en canales abiertos puede clasificarse en muchos tipos y describirse de varias maneras. La siguiente clasificación se hace de acuerdo con el cambio en la profundidad del flujo con respecto al tiempo y al espacio.

Teniendo en cuenta al tiempo como criterio:

### 3.2.9.1 Flujo permanente y no permanente

Se dice que el flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad de flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración. El flujo se considera no permanente si la profundidad cambia con el tiempo.

En la mayor parte de los problemas de canales abiertos es necesario estudiar el comportamiento del flujo solo bajo condiciones permanentes. Sin embargo, si el cambio en la condición del flujo con respecto al tiempo es importante, debe tratarse como no permanente. En crecientes y oleadas, por ejemplo, que son casos comunes de flujo no permanente, el nivel de flujo cambia de manera instantánea a medida que las ondas pasan, y el elemento tiempo se vuelve de vital importancia para el diseño de estructuras de control.

Para cualquier tipo de flujo el caudal  $Q$  en una sección del canal se expresa por:

$$Q = V \times A \quad (3.4)$$

Dónde:

V: Velocidad media de flujo

A: Área de la sección transversal del flujo perpendicular a la dirección de este

Teniendo en cuenta al espacio como criterio:

❖ Flujo uniforme: se dice que el flujo en canales abiertos es uniforme si la profundidad del flujo es la misma en cada sección del canal. Un flujo uniforme puede

ser permanente o no permanente, según cambie o no la profundidad con respecto al tiempo.

*Flujo uniformemente permanente y no permanente:* es el tipo de flujo fundamental que se considera en la hidráulica de canales abiertos. La profundidad del flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración. El establecimiento de un flujo uniforme no permanente requeriría que la superficie del agua fluctuara de un tiempo a otro pero permaneciendo paralela al fondo del canal.

❖ *Flujo variado:* el flujo es variado si la profundidad del flujo cambia a lo largo del canal. Este flujo puede ser permanente o no permanente y además puede clasificarse como rápidamente variado o gradualmente variado. (p. 5 a p. 6)

*Flujo rápidamente variado:* se dice que un flujo es rápidamente variado cuando la variación se produce en una pequeña longitud. Un ejemplo típico sería la presencia de una grada en un canal. Sobre la grada se produce una fuerte curvatura de las líneas de corriente y rápida variación de la velocidad.

*Flujo gradualmente variado:* es aquel en el que la variación de las características hidráulicas se produce suavemente, lentamente a lo largo de una gran longitud. De acá su nombre de gradual. (Rocha, 2002, p. 6)

### **3.2.10 Estado del Flujo**

Chow (1994) afirma que el estado o comportamiento del flujo en canales abiertos está gobernado básicamente por los efectos de la viscosidad y gravedad en relación con las fuerzas inerciales del flujo. La tensión superficial del agua puede afectar el comportamiento del flujo bajo ciertas circunstancias, pero no juega un papel

significativo en la mayor parte de los problemas de canales abiertos que se presentan en ingeniería.

### 3.2.10.1 Efecto de viscosidad

El flujo puede ser laminar, turbulento o transicional según el efecto de la viscosidad en relación con la inercia. Esta relación se define mediante el número de Reynolds. (p. 7)

❖ Número de Reynolds: el efecto de la mayor o menor viscosidad del fluido sobre las condiciones del escurrimiento se expresa por el parámetro adimensional denominado número de Reynolds. El número de Reynolds representa la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas y tiene por expresión:

$$R_e = \frac{VL}{\nu} \quad (3.5)$$

Dónde:

$R_e$ : Número de Reynolds

$V$ : Velocidad media del escurrimiento (m/seg)

$L$ : Longitud característica (m)

$\nu$ : Viscosidad cinemática que es igual a la relación que existe entre la viscosidad dinámica o absoluta ( $\mu$ ) y la densidad del fluido ( $\rho$ ). ( $m^2/seg$ )

En una tubería se considera generalmente como longitud característica el diámetro de la misma, y la expresión sería

$$R_e = \frac{VD}{\nu} \quad (3.6)$$

Siendo D: el diámetro de la tubería (m).

Algunos autores, especialmente europeos, consideran como longitud característica el radio hidráulico

$$R_e = \frac{VR_h}{\nu} \quad (3.7)$$

Siendo  $R_h$ : Radio hidráulico que es igual a un cuarto del diámetro (m).

$$R_h = \frac{D}{4} \quad (3.8)$$

Y otros consideran como longitud característica el radio  $r$  de la tubería. En los canales se considera el radio hidráulico para la definición del número de Reynolds. (Rocha, 2002, p. 11)

Y se aceptan los siguientes límites:

Según Rodríguez (2008):

- a. Flujo laminar  $R_e < 2000$
- b. Flujo turbulento  $R_e > 4000$
- c. Flujo de transición  $2000 < R_e < 4000$

El régimen de flujo en canales es usualmente turbulento. El número de Reynolds es un parámetro adimensional cuyo valor es idéntico independientemente del sistema de unidades, siempre y cuando las unidades utilizadas sean conscientes.

❖ Flujo laminar: expresa: el flujo es laminar si las fuerzas viscosas son muy fuertes en relación con las fuerzas inerciales, de tal manera que la viscosidad juega un papel importante en determinar el comportamiento del flujo. En el flujo laminar las partículas de agua se mueven en trayectorias suaves definidas o líneas de corriente, y las capas de fluido con espesor infinitesimal parecen deslizarse sobre capas adyacentes.

❖ Flujo Turbulento: el flujo es turbulento si las fuerzas viscosas son débiles en relación con las fuerzas inerciales. En flujo turbulento, las partículas del agua se mueven en trayectorias irregulares, que no son suaves ni fijas, pero que en conjunto todavía representan el movimiento hacia delante de la corriente entera.

❖ Flujo Transicional: entre los estados de flujo laminar y turbulento existe un estado mixto o transicional. (p. 12)

### 3.2.10.2 Efecto de la gravedad

Chow (1994) señala que el efecto de la gravedad sobre el estado de flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fueras gravitacionales. Esta relación está dada por el número de Froude.

❖ Número de Froude: el número de Froude está definido como:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gL}} \quad (3.9)$$

Dónde:

F: Número de Froude

V: Velocidad media del flujo (m/s)

g: Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

L: Longitud característica (m)

En el flujo de canales abiertos, la longitud característica se hace igual a la profundidad hidráulica  $D$ , la cual está definida como el área de la sección transversal del agua perpendicular a la dirección del flujo en el canal dividido por el ancho de la superficie libre, y se expresa como:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D_h}} \quad (3.10)$$

Siendo  $D_h$  la profundidad hidráulica y se expresa como:

$$D_h = \frac{A}{T} \quad (3.11)$$

Dónde:

A= Área ( $m^2$ )

T= Ancho de la lámina libre (m)

❖ Estados del flujo de acuerdo al efecto de la gravedad: se definen como:

**1. Crítico:** cuando el número de Froude es igual a la unidad, se dice que el flujo está en un estado crítico y significa que  $V = \sqrt{gD}$ .

**2. Subcrítico:** si el número de Froude es menor que la unidad o  $V < \sqrt{gD}$ , el flujo es subcrítico. En este estado el papel jugado por las fuerzas gravitacionales es

más pronunciado; por lo tanto, el flujo tiene una velocidad baja y a menudo se describe como tranquilo y de corriente lenta.

3. Supercrítico: si el número de Froude es mayor que la unidad o  $V > \sqrt{gD}$ , el flujo es supercrítico. En este estado las fuerzas inerciales se vuelven dominantes; el flujo tiene una alta velocidad y se describe usualmente como rápido, ultrarrápido y torrencial. (p. 13)

### 3.2.11 Geometría de canal

Chow (2008) señala que un canal construido con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante se conoce como canal prismático. De otra manera, el canal es no prismático, un ejemplo es un vertedero de ancho variable y alineamiento curvo.

El término sección de canal se refiere a la sección transversal de una canal tomada en forma perpendicular a la dirección del flujo. Una sección vertical de canal, sin embargo, es la sección vertical que pasa a través del punto más bajo de la sección de canal.

Los canales artificiales a menudo se diseñan con secciones de figuras geométricas. El trapecio es la forma más común para canales con banca en tierra sin recubrimiento, debido a que proveen las pendientes necesarias para estabilidad. El rectángulo y el triángulo son casos especiales del trapecio. Debido a que el rectángulo tiene lados verticales, por lo general se utiliza, para canales construidos con materiales estables. La sección triangular solo se utiliza para pequeñas acequias, cunetas a lo largo de carreteras y trabajos de laboratorio. (p. 20).

### 3.2.12 Elementos geométricos de una sección de canal

Chow (2008) expresa que los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad de flujo. Estos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo.

a) La profundidad del flujo ( $y$ ): es la distancia vertical del punto más bajo de la sección de una canal a la superficie libre. A menudo este término se intercambia con la profundidad de flujo de la sección ( $d$ ). En efecto, la profundidad de flujo de la sección es la profundidad de flujo perpendicular a la dirección de este, o la altura de la sección del canal que contiene el agua. Para un canal con ángulo de pendiente longitudinal  $\theta$ , puede verse que la profundidad de flujo es igual a la profundidad de sección de flujo dividida por  $\text{Cos } \theta$ .

b) El nivel: es la elevación o distancia vertical de un nivel de referencia o datum a la superficie libre. Si el punto más bajo de la sección de canal se escoge como el nivel de referencia es nivel es idéntico a la profundidad de flujo.

c) El ancho superficial ( $T$ ): es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.

d) El área mojada ( $A$ ): es el área de la sección transversal del flujo perpendicular a la dirección del flujo.

e) El perímetro mojado ( $P$ ): es la longitud de la línea de intersección de la superficie de canal mojada y de un plano transversal perpendicular a la dirección del flujo.

f) El radio hidráulico (R): es la relación del área mojada con respecto a su perímetro mojado.

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.12)$$

g) La profundidad hidráulica (D): es la relación entre el área mojada y el ancho en la superficie.

$$D = \frac{A}{T} \quad (3.13)$$

h) El factor de la sección para cálculos de escurrimiento o flujo crítico (Z): es el producto del área mojada y la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica.

$$Z = A\sqrt{D} = A\sqrt{\frac{A}{T}} \quad (3.14)$$

i) El factor de la sección para cálculos de flujo uniforme ( $AR^{2/3}$ ): es el producto del área mojada y el radio hidráulico elevado a la potencia a los dos tercios. (p. 23).

Rodríguez (2008) señala los siguientes elementos geométricos:

j) Coeficiente de rugosidad (n): depende del tipo de material en que se aloje el canal.

k) Pendiente (S): es la pendiente longitudinal de la rasante del canal.

l) Talud (m): es la relación de la proyección horizontal a la vertical de la pared lateral (se llama también talud de las paredes laterales del canal). Es decir “m” es el valor de la proyección horizontal cuando la vertical es 1, aplicando relaciones trigonométricas. Es la cotangente del ángulo de reposo del material ( $\theta$ ), es decir:

$$m = \frac{x}{d} \quad (3.15)$$

El talud depende del tipo de material en que se construya el canal, a fin de evitar derrumbes. Por ejemplo, cuando se dice que un canal tiene talud 1.5:1, quiere decir que la proyección horizontal de la pared lateral es 1.5 veces mayor que la proyección vertical que es 1, por lo tanto el talud  $m = 1.5$ , esto resulta de dividir la proyección horizontal que vale 1.5 entre la vertical que vale 1.

m) Libre bordo (Lb): es la distancia que hay desde la superficie libre del agua hasta la corona del bordo, se expresa en m. (p. 5 a p. 6).

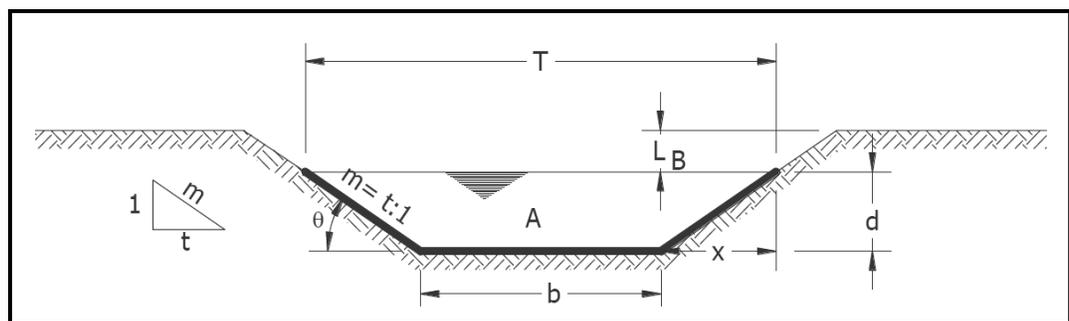


Figura 3.3 Elementos geométricos de un canal (Rodríguez, 2008).

### 3.2.13 Sistemas de recolección de aguas de Lluvia

Arocha (1983) afirma: que las aguas pluviales, provienen de los techos y patios interiores de las edificaciones, aunadas a las que reciben las calles directamente,

constituirán un problema para la comunidad, que a veces toman proporciones económicas de cierta consideración, por lo cual es preciso determinar la magnitud de estos caudales que se van acumulando en calles y avenidas, y cuyo incremento progresivo de la pendiente de la calle llegaría a constituir serios problemas, que el proyectista debe evitar mediante un diseño eficiente.

Para lograr un buen diseño deben tomarse en cuenta todas las variables que pueden intervenir en la determinación de un caudal de aguas de lluvia acumulándose, y que puede crear inconvenientes a la comunidad; sin embargo, no deja de reconocerse que ello resulta difícil de evaluar, y que aun con la mejor información disponible, existirán criterios económicos que privaran para limitar los proyectos a un determinado rango de probabilidad de ocurrencia de daños.

En general podemos considerar cinco factores importantes, para efectos de diseño de un sistema de recolección de aguas de lluvia. (p. 204)

### **3.2.13.1 Características de la zona**

El tipo de superficie y sus pendientes, así como los porcentajes de construcción, son factores que influyen sobre el grado de impermeabilidad que facilita o retarda el escurrimiento de las aguas de lluvias que puedan concentrarse en un punto. Por ello, al considerar la zona a proyectarse debemos medir las áreas correspondientes a cada característica.

La superficie total a considerar en el proyecto estará constituida por el área propia, más el área natural de la hoya que drena a través de ella. Definida y medida el área a drenar, se deben determinar las diferentes características de la superficie que la constituyen. En este sentido las Normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias establecen los coeficientes de escorrentía, que se presentan en la tabla 3.1

Tabla 3.1 Coeficientes de Escorrentía (Arocha, 1983).

<b>Coeficientes de Escorrentía</b>	
<b>Características de la Superficie</b>	<b>Coeficientes de escorrentía</b>
Pavimentos de concreto	0,70 a 0,95
Pavimentos de asfalto	0,70 a 0,95
Pavimentos de ladrillo	0,70 a 0,85
Tejados y azoteas	0,75 a 0,95
Patios pavimentados	0,85
Caminos de grava	0,3
Jardines y zonas verdes	0,3
Praderas	0,2

Asimismo, establece el rango de variación de los coeficientes, de acuerdo a la zonificación, así.

Tabla 3.2 Zonificación y Coeficientes de Escorrentía (Arocha, 1983).

<b>Zonificación y coeficientes de escorrentía</b>	
<b>Zona</b>	<b>Coeficientes de escorrentía</b>
Comercial, en el centro de la localidad	0,75 a 0,95
Comercial, en otra ubicación	0,50 a 0,70
Residencias unifamiliares	0,30 a 0,50
Residencial multifamiliar separada	0,40 a 0,60
Residencial multifamiliar agrupada	0,60 a 0,75
Residencias sub-urbanas	0,25 a 0,40
Zona industrial	0,50 a 0,80
Parques y cementerios	0,10 a 0,25
Parques de juego	0,20 a 0,35

Por razones prácticas, resulta útil la determinación de un coeficiente medio, bien sea por sectores o para toda la zona en proyecto, dependiendo de la extensión del mismo. Este coeficiente medio de escorrentía o de impermeabilidad, puede determinarse en función de área y de los coeficientes absolutos de cada una. (p. 204)

### 3.2.13.2 Curvas de pavimento

Existe una estrecha relación entre el sistema de drenajes y el sistema vial, por ello ambos proyectos influyen entre sí de forma tal que al apoyarse el sistema de recolección de aguas de lluvia en las calles deba tenerse presente tanto las pendientes longitudinales como transversales de las calzadas.

Asimismo, en ocasiones, por razones de drenaje, resulta conveniente cambiar en el proyecto algún sentido de las pendientes de calles, que permitan y/o logren descargas de aguas de lluvia con el mínimo de daños y mayor facilidad hacia los puntos naturales de recolección.

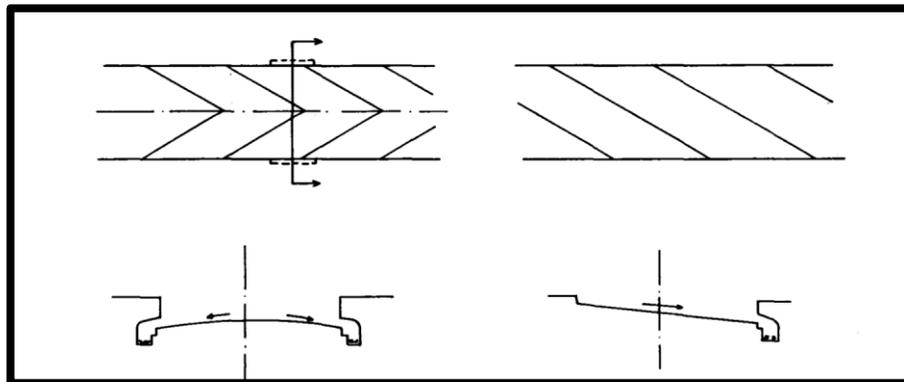


Figura 3.4 Curvas de pavimento (Arocha, 1983).

La figura 3.4 esquematiza para un sector las curvas de pavimento y corte transversal de la calle, con la orientación hacia los puntos de recolección.

Por razones de escurrimiento de las aguas de lluvia en las calles, resulta aconsejable mantener las pendientes mínimas que permitan su flujo hacia los puntos de recolección. En tal sentido se han establecido valores mínimos para las pendientes longitudinales y transversales de las calles.

En general, puede decirse que no resulta aconsejable tener pendientes longitudinales menores al 0,3 por 100, por cuanto esto se refleja en velocidades de escurrimiento muy bajas y en estancamiento de aguas por períodos muy prolongados con los inconvenientes que ello significa. Sin embargo, esto puede ser observado con un mayor o menor grado de flexibilidad, dependiendo de la zona, de sus características, densidad y problemas ocasionales que puede generar.

Las pendientes transversales, generalmente se toman del orden del 2 por 100, admitiéndose un valor mínimo del 1 por 100 y preferiblemente dicha pendiente se toma desde el eje de la calle hacia el borde de la acera o cuneta. (p. 206 a 207)

### **3.2.13.3 Intensidad-duración y frecuencia de las lluvias.**

Las características de las lluvias a considerar en el diseño dependen del grado de protección que se desee, lo cual, por razones económicas, se basa en la importancia del sector, en su densidad de población y en los inconvenientes de tránsito por ser arterias principales o secundarias.

❖ Frecuencia: el concepto de frecuencia está asociado al de probabilidad y se le llama también intervalo de recurrencia, y es el número de veces que un evento es igualado o excedido en un intervalo de tiempo determinado o en número de años.

La frecuencia se denota por tanto como

$$f = \frac{\text{n}^\circ \text{ de años}}{\text{n}^\circ \text{ de veces}} \quad (3.16)$$

Las normas INOS establecen que para el cálculo del caudal de aguas de lluvia se estimen las frecuencias siguientes:

- a) Para zonas residenciales, de 2 a 5 años.
- b) Para zonas comerciales y de elevado valor, de 5 a 15 años, dependiendo de su justificación económica.
- c) Para obras de canalizaciones de cursos naturales, ríos o quebradas, 50 años o más.

❖ Intensidad: la intensidad de una lluvia se define como el volumen de agua que precipita por unidad de tiempo, y generalmente se expresa en mm/h, mm/min, mm/sg/ha o lt/sg/ha. En el diseño de alcantarillados, generalmente se utiliza la unidad lt/sg/ha, sin embargo, muchas estaciones pluviográficas reportan sus datos en mm/h, por lo cual conviene tener presente el factor de conversión:

$$1 \text{ mm/h} = 2,78 \text{ l/s/ha} \quad (3.17)$$

La intensidad de la lluvia depende de la duración de ésta, existiendo generalmente una relación inversa entre ellas.

❖ Duración: la duración de la lluvia es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la lluvia, este final puede ser del total o el momento hasta donde es apreciable la lluvia para efectos prácticos. La lluvia según su duración puede denominarse como corta, cuando la duración es menor de 120 minutos, y larga, cuando es mayor de 120 minutos.

Las normas INOS establecen en su artículo 3.14.1 lo siguiente:

“El tiempo de duración que debe considerarse para la determinación de la intensidad de lluvia, no será inferior a 5 minutos. En cada caso se fijará el tiempo de precipitación, de acuerdo a las condiciones locales” (p. 207)

#### **3.2.13.4 Tiempo de concentración de las aguas de esorrentía a un determinado punto**

Arocha (1983), menciona que el tiempo de concentración se define como el tiempo máximo que tarda la partícula más alejada del área, drenando hasta el punto de recolección.

Para el diseño de los colectores de aguas de lluvia en zonas urbanas, este tiempo de concentración representa la suma de dos tiempos:

- a) El tiempo que tarda la partícula más alejada en escurrir sobre la superficie.
- b) El tiempo de traslado que existe en una cierta longitud de colector, comprendida entre dos sumideros consecutivos.

El primero, tiempo de escurrimiento en la superficie, a través de cunetas, canales o sobre las zonas de escurrimiento natural, puede ser estimado o calculado para las distintas características de la superficie. En el caso de cuencas rurales, tal determinación se hace basada en medidas hechas directamente sobre el terreno, determinando la mayor distancia o recorrido de la partícula más alejada o bien por mediciones hechas en planos topográficos. Se establece una ecuación que permite estimar el tiempo de concentración conocida:

- a) La longitud del cauce más largo  $L$  en metros

b) La diferencia de elevación entre el punto más remoto de la cuenca y la salida de la misma H en metros. (p. 207 a 208)

$$T_c = 0,0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (3.18)$$

❖ Estimación del caudal: la determinación del gasto de diseño para un sistema de recolección de aguas de lluvia en zonas pobladas atiende generalmente al método racional.

El método racional asume que el caudal máximo que se acumula en un determinado punto, como consecuencia de la esorrentía de aguas pluviales está expresado por la ecuación:

$$Q = C * i * A \quad (3.19)$$

Dónde:

Q= Caudal en l/s.

C= Coeficiente de esorrentía.

i= Intensidad de lluvia (l/s/ha).

A= Área en ha.

El método considera la intensidad de lluvias, para una duración igual al tiempo de concentración, ya que se estima que habrá un incremento de caudal a medida que se incrementa el área, puesto que la disminución en intensidad con el tiempo es compensado con el mayor incremento de área. Cuando toda el área ha contribuido,

ésta permanece constante pero habrá disminución de intensidad a mayor tiempo, y por tanto el gasto disminuiría. (p. 209 a 210)

### **3.3 Bases legales**

#### **3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela**

##### Capítulo IX

##### De los Derechos Ambientales

Artículo 127. Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, genética, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bioéticos regulará la materia.

Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley.

#### **3.3.2 Ley de aguas (Gaceta oficial No 35595 del 02/01/2007)**

Artículo 4.- La gestión integral de las aguas tiene como principales objetivos:

1. Garantizar la conservación, con énfasis en la protección, aprovechamiento sustentable y recuperación de las aguas tanto superficiales como subterráneas, a fin de satisfacer las necesidades humanas, ecológicas y la demanda generada por los procesos productivos del país.

2. Prevenir y controlar los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes.

Artículo 14.- La prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes se efectuará a través de:

1. Los planes de gestión integral de las aguas; así como en los planes de ordenación del territorio y de ordenación urbanística, insertándose los elementos y análisis involucrados en la gestión integral de riesgos, como proceso social e institucional de carácter permanente, concebidos de manera consciente, concertados y planificados para reducir los riesgos socio naturales y cronológicos en la sociedad.

2. La construcción, operación y mantenimiento de las obras e instalaciones necesarias.

### **3.4 Definición de términos básicos**

- a. **Anemómetro:** instrumento que sirve para medir la velocidad o la fuerza del viento (Real Academia Española. 2012)

- b. **Atmósfera:** es la capa gaseosa que rodea al planeta tierra formada por aire (Garreaud, R. 2005).

c. **Caudal:** cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o período dado (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Perú, 2011).

d. **Convección:** es cuando la energía calorífica se transmite por el movimiento físico de moléculas “calientes” de las zonas de altas temperatura a las zonas de baja temperatura y viceversa, equilibrándose las temperaturas (Domingo, A. 2011).

e. **Cauce:** lecho de los ríos y arroyos (Real Academia Española. 2012)

f. **Cuenca:** territorio cuyas aguas afluyen todas a un mismo río, lago o mar (Real Academia Española. 2012)

g. **Cuenca Hidrográfica:** superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Perú, 2011).

h. **Ciclo Hidrológico:** circulación general del agua desde los océanos a la atmósfera, de esta al suelo y de aquí al océano (Jiménez, H. 1986).

i. **Coficiente:** expresión numérica de una propiedad o característica de un cuerpo, que generalmente se presenta como una relación entre dos magnitudes (Real Academia Española. 2012).

j. **Coficiente de Escorrentía:** relación entre el agua de lluvia que cae en una zona determinada y el agua que corre; diferencia entre el agua caída y el agua filtrada (Real Academia Española. 2012).

k. **Drenaje:** dispositivo específicamente diseñado para la recepción, canalización y evacuación de las aguas que pueden afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de la carretera (Bañón, L. 2000).

l. **Embalse:** gran depósito que se forma artificialmente, por lo común cerrando la boca de un valle mediante un dique o presa, y en el que se almacenan las aguas de un río o arroyo, a fin de utilizarlas en el riego de terrenos, en el abastecimiento de poblaciones, en la producción de energía eléctrica, etc. (Real Academia Española. 2012).

m. **Hidrología:** ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo los seres vivos (Comisión Estatal de Agua de Querétaro. 2013).

n. **Inercia:** propiedad de los cuerpos de no modificar su estado de reposo o movimiento si no es por la acción de una fuerza (Real Academia Española. 2012)

o. **Impermeabilidad:** característica de un cuerpo que no puede ser atravesado por un fluido (Sánchez, J .2014).

p. **Lluvia:** precipitación de partículas de agua líquida en forma de gotas de diámetro superior a 0.5 mm, o de gotas más pequeñas y muy dispersas. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Perú, 2011).

q. **Orografía:** parte de la geografía física que trata de la descripción de las montañas ((Real Academia Española. 2012)

r. **Perfil Longitudinal:** es el desarrollo sobre un plano de la sección obtenida empleando como plano de corte una superficie reglada cuya directriz es el eje longitudinal de la carretera, empleando una recta vertical como generatriz. En esta vista se sintetiza gran parte de la información necesaria para la construcción de la carretera, expresada tanto de forma gráfica como numérica (Bañón, L. 2000).

s. **Perfil Transversal:** se obtiene seccionando la vía mediante un plano perpendicular a la proyección horizontal del eje. En él se definen geoméricamente los diferentes elementos que conforman la sección transversal de la vía: taludes de desmonte y terraplén, cunetas, arcenes, pendientes o peraltes (Bañón, L. 2000).

t. **Subcuenca:** la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia un determinado punto de un curso de agua (generalmente un lago, embalse o una confluencia de ríos) (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Perú, 2011).

u. **Termógrafo:** aparato que registra gráficamente la temperatura (Real Academia Española. 2012)

v. **Turbulento:** se dice del movimiento de un fluido en el que la presión y la velocidad en cada punto fluctúan muy irregularmente, con la consiguiente formación de remolinos (Real Academia Española. 2012)

w. **Variable:** es una propiedad o elemento que puede tomar valores (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Perú, 2011).

x. **Vertedero:** es una estructura de control de aprovechamientos hidráulicos o bien como estructura para medición de caudales en obras de saneamiento, su aplicación es muy difundida y una de las razones es porque permiten tener un

adecuado control del caudal por encima de su cresta siendo necesario únicamente medir una variable que es el tirante sobre dicha cresta (Nociones sobre orificios y vertederos, Tipos de escurrimiento uniforme en canales, remansos y resaltos, y su relación con la sedimentación y la corrosión en cloacas, (Pérez, L. 2005).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

#### **4.1 Tipo de investigación**

##### **4.1.1 Investigación a proyecto factible**

La investigación según su propósito será proyecto factible o investigación proyectiva, El Manual de Tesis de Grado y Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Libertador, (2003), plantea: consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos necesidades de organizaciones o grupos sociales que pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos, o procesos. El proyecto debe tener el apoyo de una investigación de tipo documental, y de campo, o un diseño que incluya ambas modalidades (p. 16).

Esta investigación se considera proyecto factible porque se trata de una propuesta de acción para la captación y transporte de aguas pluviales de las conjunto urbanístico “Nueva Betania” (P-3), que representa una necesidad para los que habitarán en dicha residencia, este sistema será particular para la misma y esto permitirá aumentar la posibilidad de su realización.

#### **4.2 Diseño de la investigación**

##### **4.2.1 Investigación de campo**

Según Tamayo y Tamayo M. (1999) dice:

“Cuando los datos se recogen directamente de la realidad, por lo cual los denominamos primarios; su valor radica en que permiten cerciorarse de las verdaderas condiciones en que se han obtenido los datos, lo cual facilita su revisión o modificación en caso de surgir dudas. Conviene anotar que no toda información puede alcanzarse por esta vía, ya sea por limitaciones especiales o de tiempo, problemas de escasez o de orden ético”. (p. 72).

#### **4.2.2 Investigación documental**

De acuerdo con el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales (2003): “Se entiende por Investigación Documental, el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos”. (p. 20).

Debido a la necesidad de consultar material obtenido mediante la observación directa y la ejecución de estudios in situ, como planos topográficos y detalles estructurales del área de estudio; la investigación se considera de campo, y documental, ya que los datos climatológicos fueron extraídos de bases de datos tabulados del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología y fue necesaria la recopilación de estudios y términos de fuentes bibliográficas.

#### **4.3 Población de la investigación**

Según Tamayo y Tamayo, (1997), “la población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población posee una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación”. (p. 114).

En el presente caso se considerará como población de la investigación toda la superficie de la zona que se desea urbanizar susceptible de captar aguas pluviales.

#### **4.4 Muestra de la investigación**

Según Tamayo, T. Y Tamayo, M (1997), afirma que la muestra: “es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico”. (p. 38).

La muestra de la investigación será considerada de igual tamaño que la población por considerarse esta de dimensiones finitas y mensurables.

#### **4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **4.5.1 Técnicas de recolección de datos**

Según Arias, F. (1999) “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades (entrevista o cuestionario), el análisis documental, análisis de contenido, etc.” (p. 25)

##### **4.5.1.1 Observación directa**

Se enfocará en el contacto visual con los fenómenos que ocurren en el lugar de estudio.

Sabino, C. (1994) afirma que: “La observación directa trata de conocer hechos y situaciones que de algún modo tienen un cierto carácter público o que por lo menos no pertenecen estrictamente a las esferas de la conducta privada de los individuos”. (p. 148).

#### **4.5.1.2 Revisión documental**

La recopilación documental o consulta de archivos sustenta la obtención de información a través de textos bibliográficos, documentos corporativos, informes técnicos, fuentes audiovisuales, informes, manuales, fuentes estadísticas, bases de datos computarizados e información electrónica; ya que son fuentes de información confiable y viable para el logro de los objetivos trazados durante el desarrollo de la investigación.

Según Arias, F. (2006) expresa que la investigación documental: “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”. (p. 25).

#### **4.5.1.3 Consultas académicas**

Para la elaboración de la investigación realizarán consultas a los tutores académicos con el objetivo de aclarar dudas referentes al proyecto y orientar los pasos a seguir para abordar el problema de estudio.

#### **4.5.2 Instrumentos de recolección de datos**

Según Arias F. (1999), “los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo: fichas, formatos de cuestionario, guías de entrevista, lista de cotejo, grabadores, escalas de actitudes u opinión (tipo liker), etc.” (p.25)

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizarán para la investigación serán:

1. Estación total
2. Computadora portátil
3. Cámara fotográfica digital GPS
4. Internet e imágenes satelitales de la zona.
5. Cuaderno de notas

Por otra parte, según Finol y Camacho (2006): “un cuaderno de notas es un documento similar al diario. En él se registran las informaciones de los hechos, eventos o acontecimientos en el propio terreno; ayudará a analizar la situación al momento de recoger el material”. (p 77).

#### **4.6 Flujograma de la metodología del trabajo**

La propuesta de un sistema de drenaje superficial para la conducción de las aguas pluviales en el futuro conjunto urbanístico “Nueva Betania”, en Pariaguán, municipio Francisco de Miranda, estado Anzoátegui, Venezuela se llevó a cabo, siguiendo la metodología que mejor se ajusta al logro de los objetivos propuestos; cumpliendo a su vez, con la secuencia de trabajo definida por la figura 4.1, donde se reflejan las diversas etapas involucradas en el desarrollo de la investigación.

##### **4.6.1 Recopilación bibliográfica y material técnico**

En esta etapa de la investigación se recopiló todo el material bibliográfico relacionado con el tema de estudio y el material técnico como los planos del

desarrollo urbanístico, los estudios hidrológicos y topográficos fundamentales para el logro de los objetivos.

#### **4.6.2 Caracterización climatológica**

Este punto de la investigación estuvo basado en describir las condiciones del área de estudio en función de las variables hidrometeorológicas que representarán mayor interés, como la precipitación, evaporación y temperatura. Fue esencial destacar las variables en estudio a través de tablas donde se pueden reflejar sus valores correspondientes de manera mensual, permitiendo observar la variación de las mismas.

#### **4.6.3 Definición de parámetros geométricos e hidráulicos**

Fue importante delimitar los límites de la cuenca, para la determinación de los siguientes parámetros:

##### **4.6.3.1 Área de captación y perímetro**

Habiendo delimitado los límites de la cuenca, se procedió a determinar el área total de la cuenca siendo definida por toda la zona que deberá ser drenada, posteriormente conociendo el área fue sencillo la determinación del perímetro, valores fundamentales para la consecución del objetivo.

#### **4.6.4 Determinación del caudal de cuenca y subcuencas**

##### **4.6.4.1 Categorización y determinación de áreas**

En esta fase se clasificaron las parcelas y se les dió una nomenclatura para facilitar el proceso de identificación, posteriormente se determinó el área correspondiente a cada parcela, describiendo el tipo de estructura como urbanismo, áreas verdes o pavimento, aunado a eso se determinó el área correspondiente a la estructura vial.

##### **4.6.4.2 Estimación del tiempo de concentración e intensidad**

La estimación del tiempo de concentración requirió de información extraída del plano topográfico y fue determinado a través de la ecuación (3.18), acto seguido se procedió a determinar la intensidad correspondiente a cada tiempo de concentración en las curvas IDF más cercana a la zona de estudio o las recomendadas por Arocha, S. (1983).

##### **4.6.4.3 Determinación de coeficientes de escorrentía**

En este punto del proyecto se determinaron los valores de coeficiente de escorrentía correspondientes a cada parcela o área de interés, fueron determinados de manera ponderada para obtener mayor exactitud en los cálculos y se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\bar{C}_e = \frac{A_1 * C_{eA1} + A_2 * C_{eA2} \dots A_n * C_{eAn}}{\sum_{i=0}^n A} \quad (4.5)$$

Los valores parámetros de coeficiente de escorrentía se extrajeron de las tablas (3.1) y (3.2) y estableciéndolos de la siguiente manera:

- a. Jardines y zonas verdes 0,30
- b. Residencias multifamiliar separadas (Urbanismo) 0,60
- c. Pavimento asfalto 0,825

#### **4.6.4.4 Determinación de caudales**

En esta etapa se determinaron los caudales producidos dentro del urbanismo, mediante la ecuación del método racional (3.19), en función del área aportada en la zona respectiva y los valores correspondientes de coeficiente de escorrentía ponderado e intensidad.

#### **4.6.5 Cálculo de parámetros hidráulicos de canales**

##### **4.6.5.1 Definición del tipo de sección y criterios de diseño**

Es importante definir la sección del canal previo a cualquier diseño, de acuerdo a las condiciones presentes como vialidades de anchos medios y caudales elevados se decidió establecer secciones rectangulares, y posteriormente se definieron los criterios de diseño como:

❖ Pendiente longitudinal: esencial debido a que una buena pendiente aumentará la velocidad y contribuirá a la disminución de la sección del canal.

❖ Coeficiente de rugosidad: criterio importante que está definido por el tipo de material que conformará la estructura de los canales.

❖ Ancho de la calzada: fundamental al momento de establecer una base para el canal, ya que establece el espacio disponible para introducir los canales sin estorbar o disminuir la capacidad vial.

❖ Velocidad mínima y máxima: definir la velocidad mínima es importante ya que asegura que el flujo contará con la velocidad suficiente como para evitar la sedimentación de partículas y distintos elementos que puedan correr a través del canal, y el caso de la velocidad máxima es significativa ya que define el límite superior de la velocidad, resguardando la estructura de posible erosión por efecto de velocidades elevadas.

La delimitación de la velocidad se realizó de acuerdo a la sección de Velocidades máximas y mínimas establecidas por González (2004) que recomienda velocidades mínimas en drenajes de 0,75 m/s y la máxima se define dependiendo del revestimiento presente en el canal. Se dispone utilizar concreto  $R_{cc28} = 210 \text{ kgf/cm}^2$  y se obtiene de la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Valores de velocidades máximas (González, B. 2004).

<b>Material</b>	<b><math>V_{\max}</math> (m/s)</b>
Concreto $R_{cc28} = 210 \text{ Kgf/cm}^2$	5
Concreto $R_{cc28} = 280 \text{ Kgf/cm}^2$	6
Concreto $R_{cc28} = 350 \text{ Kgf/cm}^2$	7,5
Concreto $R_{cc28} = 420 \text{ Kgf/cm}^2$	9,5
Arcilla Vitrificada	6
Asbesto – Cemento	4,5
PVC (Cloruro de Polivinilo)	4,5
Hierro Fundido	Sin limite

❖ Condiciones constructivas: para efectos constructivos, no se previeron canales con dimensiones inferiores a 0,30 m de base y altura.

#### 4.6.5.2 Definición de pendiente de diseño del canal

La pendiente es un parámetro fundamental para el diseño de canales y en especial está directamente relacionada con la velocidad y por ende con la capacidad del canal, a pesar de que el criterio de diseño sugiere mantener la pendiente de la calle, se presentan casos donde mantener dicha pendiente resulta desfavorable debido a las dimensiones elevadas de las secciones. La pendiente se estima mediante:

$$S_{\%} = \frac{\Delta_{\text{canal}}}{L_{\text{canal}}} * 100\% \quad (4.6)$$

#### 4.6.5.3 Determinación de dimensiones de la sección

Las dimensiones del canal fueron determinadas mediante un proceso iterativo conjunto con la ecuación de Manning (4.7) y los criterios de diseño hasta obtener los valores adecuados que abarquen el caudal de diseño.

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_h^{2/3} * S_o^{1/2} \quad (4.7)$$

#### 4.6.5.4 Determinación de parámetros hidráulicos

Habiendo obtenido las dimensiones de los canales, se procede a la determinación de sus respectivos parámetros hidráulicos descritos a continuación:

❖ Área mojada ( $A_m$ ): el área mojada se define como el área efectiva del canal, es decir, aquella destinada al flujo del canal y se determina de la siguiente manera:

$$A_m = b * y \quad (4.8)$$

❖ Borde libre (BL): es la distancia libre existente entre la altura efectiva del canal y el borde y se determina de la siguiente manera:

$$BL = \frac{1}{3} * Y \quad (4.9)$$

❖ Perímetro ( $P_m$ ): se define como la longitud de las aristas que conforman el área mojada despreciando el borde del flujo de agua y se determina a través de la siguiente ecuación:

$$P_m = b + 2y \quad (4.10)$$

❖ Radio hidráulico ( $R_h$ ): se define como la relación existente entre el área mojada y el perímetro mojado y se determina a través de la siguiente ecuación:

$$R_h = \frac{A_m}{P_m} \quad (4.11)$$

❖ Velocidad (V): la velocidad del canal será determinada mediante una de las expresiones de la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{2/3} * S_o^{1/2} \quad (4.12)$$

❖ Capacidad del canal ( $Q_c$ ): la capacidad del canal es el gasto que puede transportar de manera eficiente de acuerdo a sus dimensiones y características y se determinará mediante la ecuación (3.4).

❖ Ancho superficial (T): el ancho superficial refleja el ancho del canal al nivel del borde libre, por tratarse de canales rectangulares con taludes verticales, no existe variación en el ancho y por ende se define como:

$$T = b \quad (4.13)$$

#### **4.6.6 Definición de trazado en planta y perfil longitudinal de canales**

##### **4.6.6.1 Definición de trazado en planta**

De acuerdo a la información topográfica, se seleccionaron diferentes planteamientos del trazado hasta encontrar aquel que conformará el sistema de drenaje óptimo, primordialmente se definieron las ubicaciones de los canales principales y luego evaluando los caudales generados y las pendientes de la calle se definieron los canales secundarios, posteriormente fue necesario determinar los tramos de calles proyectados a trabajar mediante capacidad hidráulica a través de la ecuación de Izzard que se presenta a continuación:

$$Q_v = 0,00175 * \left(\frac{Z}{n}\right) * S_o^{1/2} * Y^{8/3} \quad (4.14)$$

##### **4.6.6.2 Elaboración de perfiles longitudinales**

En esta etapa se elaboraron los perfiles longitudinales de los alineamientos proyectados como canales, comenzando con la representación más precisa de las

condiciones de la calle, posteriormente se detallaba el perfil del canal correspondiente a esa calle en función de rasante mejorada, lecho del canal y fondo de excavación. Los perfiles cuentan con una cuadrícula donde se pueden observar las cotas de cada elemento de acuerdo a la progresiva.

Para efectos visuales, se implementó escala vertical diferente a la horizontal, brindando un mejor nivel de detalle.

#### **4.6.7 Análisis e interpretación de resultados**

Posterior a la ejecución de todos los cálculos necesarios para el logro de los objetivos, se realizaron los análisis correspondientes de manera individual, donde se destacaron los aspectos más importantes y haciendo énfasis en que los procedimientos aplicados arrojaron valores positivos que respaldan lo planteado en el proyecto.

#### **4.6.8 Propuesta**

Habiendo definido y proyectado un sistema de drenajes superficiales con validez respaldada por los cálculos, se procedió a la presentación de la propuesta donde se describió su capacidad, estructura; destacando las características geométricas e hidráulicas de los canales principales.

#### **4.6.9 Conclusiones y recomendaciones**

En base a los resultados obtenidos y a los análisis realizados se procedió con la elaboración de las conclusiones y recomendaciones en función de los objetivos planteados en la investigación.

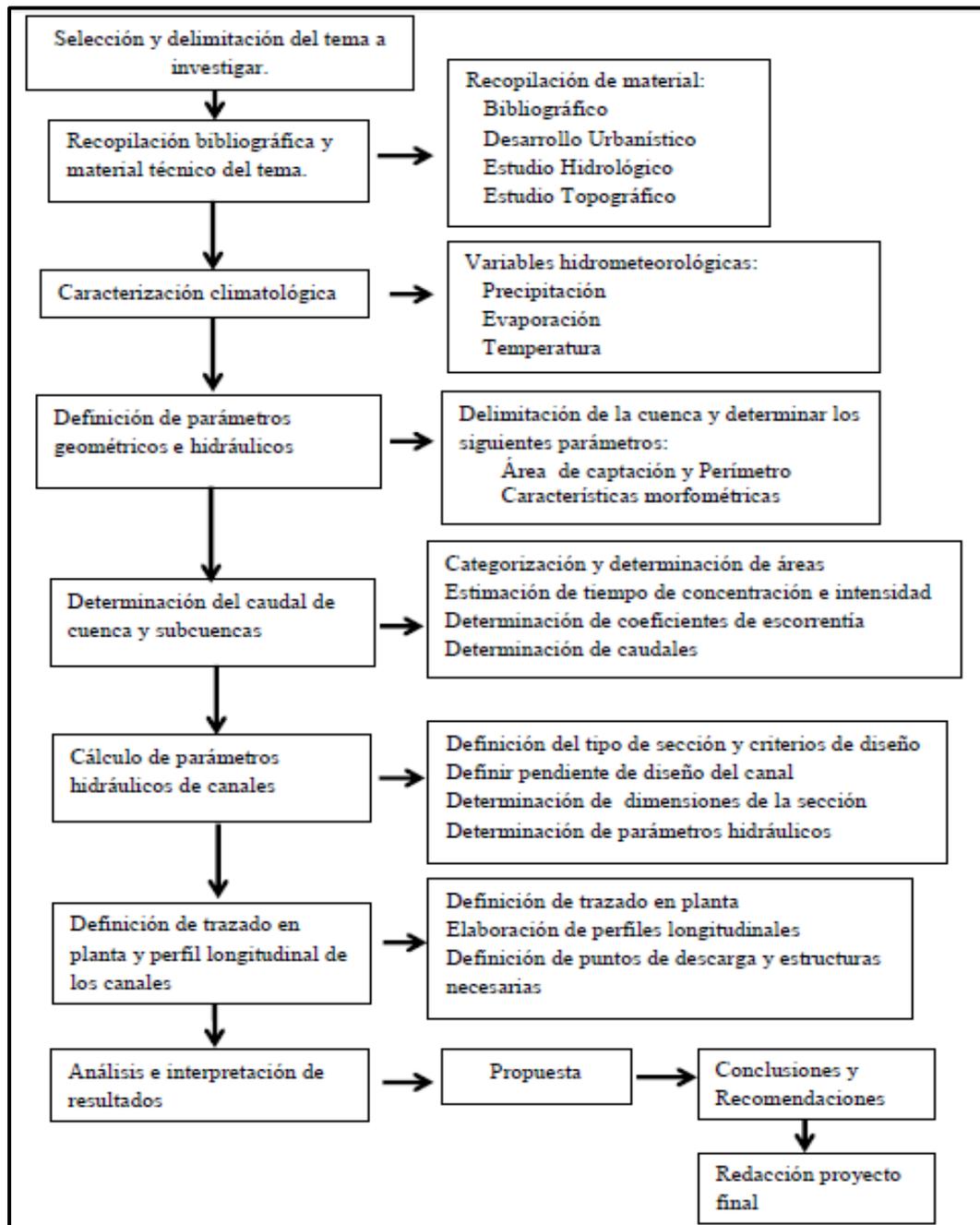


Figura 4.1 Flujograma de la investigación.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 Caracterización climatológica del área de estudio

Para realizar la descripción de los parámetros climáticos correspondientes al área de estudio se efectuó un análisis cuantitativo, con base en los datos de los promedios mensuales y anuales de las variables registradas por las estaciones meteorológicas San Diego de Cabrutica, Zuata y Uverito; sin embargo es importante señalar que dichas estaciones son del tipo PR, por lo que registran únicamente datos de Precipitación.

En la tabla 5.1, se muestran las características de las estaciones de la zona y la tomada como referencia.

Tabla 5.1 Características de las estaciones utilizadas (INAMEH, 2014).

Estación	Tipo	Serial	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Organismo
San Diego de Cabrutica	PR	3762	08°25'15''	64°53'10''	140	INAMEH
Zuata	P.D.	2622	08°21'40''	65° 11'35''	58	INAMEH
Uverito	PR	3752	08°07'48''	64° 43'36''	120	INAMEH
Musinacio (*)	C1	4712	07°42'10''	64°46'30''	52	INAMEH

##### 5.1.1 Precipitación

El valor promedio anual de precipitación para la zona del proyecto es de 990 mm, el cual fue estimado a partir de los promedios anuales de las estaciones

localizadas alrededor del área de estudio. En la tabla 5.2, se muestran los promedios mensuales y el total anual de precipitación de la estaciones San Diego de Cabrutica, Zuata Uverito y Musinacio, para el período 1971-2007; con base en ellos se elaboraron las figuras 5.1 a 5.4.

Tabla 5.2 Precipitación media mensual y anual (mm)-Período 1971-2007 (INAMEH, 2014).

Estación	ne	eb	ar	br	ay	un	ul	go	ep	ct	ov	ic	nual
San Diego de Cabrutica	,0	,5	0,8	9,6	2,6	63,7	87,7	70,0	42,1	5,5	0,4	2,4	89
Zuata	,4	,4	,6	7,7	8,7	60,9	96,2	92,4	37,4	07,8	1,8	1,0	96
Uverito	,4	0,1	0,4	5,9	4,2	68,3	71,8	96,1	36,5	6,0	2,6	9,1	030
Musinacio	,7	0	5,8	0,5	58,4	85,3	92,7	43,3	04,2	15,2	7,2	1,7	514

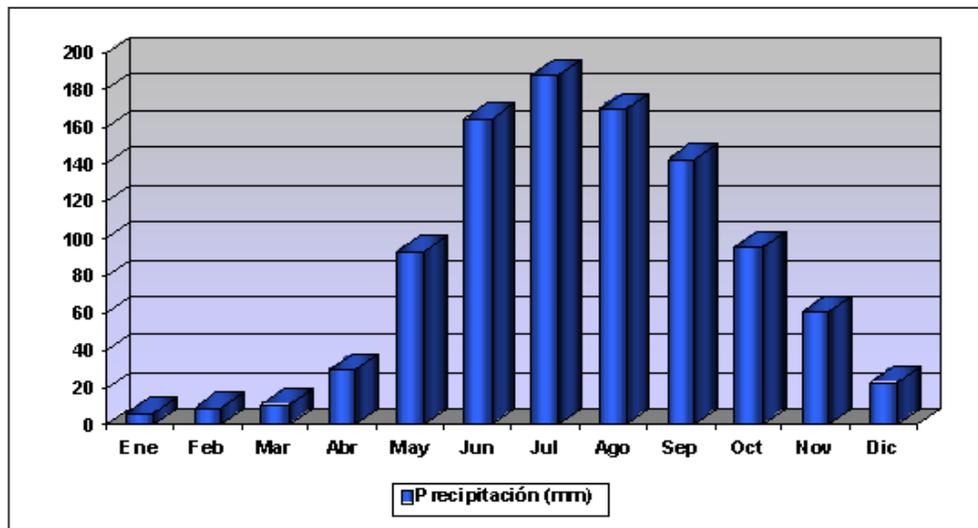


Figura 5.1 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación San Diego de Cabrutica (INAMEH, 2014).

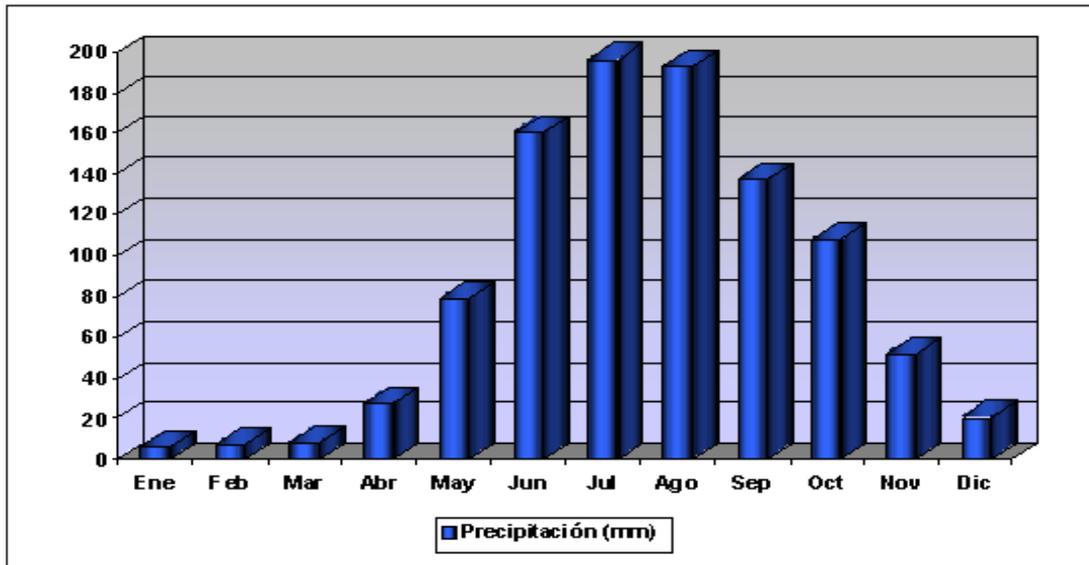


Figura 5.2 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Zuata (INAMEH, 2014).

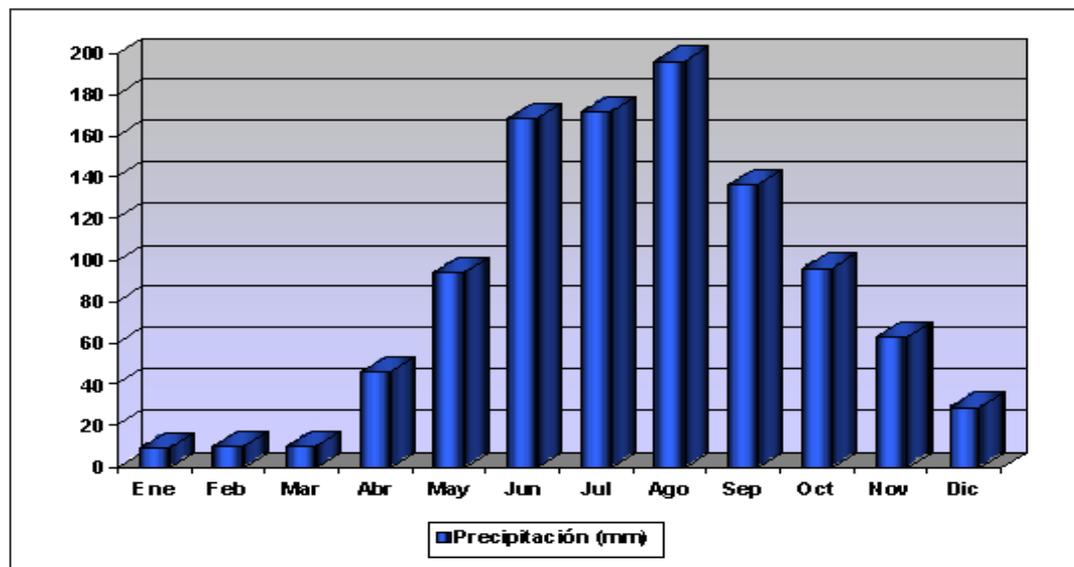


Figura 5.3 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Uverito (INAMEH, 2014).

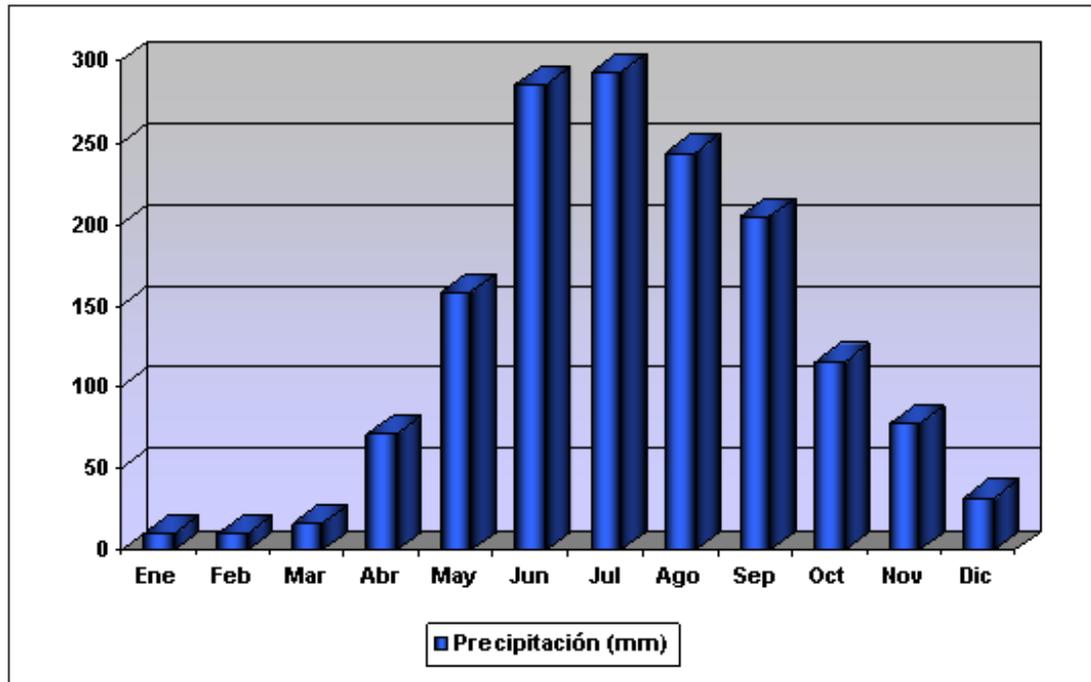


Figura 5.4 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Musinacio (INAMEH, 2014).

El régimen pluviométrico es de tipo unimodal, es decir, se registra un tope de lluvia durante el año. Este ocurre en los meses del verano astronómico (junio, julio y agosto), lo cual corresponde con la época de mayor actividad de la convergencia intertropical, responsable directa de la distribución temporal de las lluvias en el territorio venezolano. En estos tres (3) meses se recoge casi el 50% del volumen total de precipitación anual. El valor más bajo de precipitación se registra en los tres primeros meses del año (enero, febrero y marzo)

### 5.1.2 Evaporación

En estos meses (marzo y octubre) ocurren altas temperaturas, mayor cantidad de horas de brillo solar, baja humedad relativa, así como un aumento de la velocidad del viento. Por otra parte, la evaporación registra sus valores más bajos durante los meses de junio y diciembre, es decir en las épocas de mayor pluviosidad y menor

temperatura respectivamente. En la tabla 5.3, se indican los promedios mensuales, así como el valor total medio anual de la estación Musinacio y la figura 5.5 muestra el comportamiento anual de dicha variable.

La evaporación promedio anual en la zona es elevada, según la estación Musinacio, la cual registra un valor alrededor de los 2600 mm por año. Esta variable climática no tiene una variación anual de alto rango, sin embargo es posible diferenciar en su comportamiento temporal, dos épocas donde ocurren los valores más altos, lo cual casi coincide con las épocas de equinoccio de primavera y otoño.

Tabla 5.3 Evaporación media, mensual y anual (mm)-Período 1971-2007 (INAMEH, 2014).

Estación	ne	eb	ar	br	ay	un	ul	go	ep	ct	ov	ic	nual
Musinacio	38	54	09	82	37	77	86	87	94	05	96	06	.671

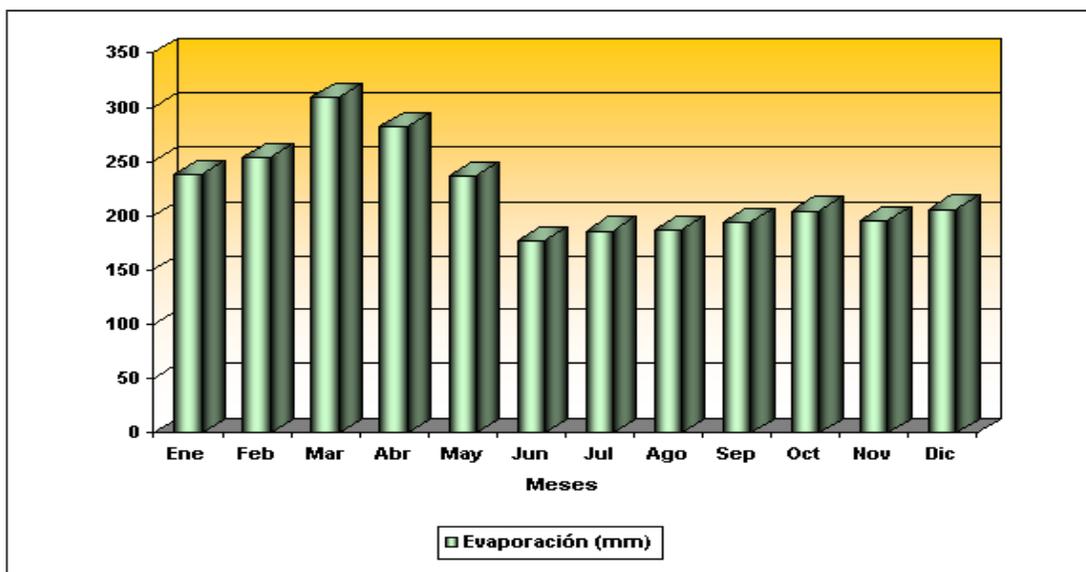


Figura 5.5 Variación anual de la evaporación (mm). Estación Musinacio (INAMEH, 2014).

### 5.1.3 Temperatura

En la zona, no existen estaciones que midan la Temperatura del aire; sin embargo, la estación más cercana (Musinacio) registra 28,3 °C en promedio mensual.

Por encontrarse en la zona tropical, se cumple la condición de isoterminia, es decir, la diferencia de los valores de temperatura entre el mes más cálido y el más frío no supera los 5 °C.

En la tabla 5.4, se indican los valores medios de temperatura para la estación Musinacio. Con base en dichos valores se elaboró la figura 5.6 que muestra el comportamiento anual en la estación mencionada.

Tabla 5.4 Temperatura máxima, media y mínima (°C) Período 1971-2007 (INAMEH, 2014).

Estación	Estadístico	ne	eb	ar	br	ay	un	ul	go	ep	ct	ov	ic	nual
Musinacio	Máxima Media	2,9	3,6	4,5	4,7	3,8	1,9	1,7	1,9	2,4	2,9	2,7	2,5	3,0
	Media	8,0	8,7	9,5	9,5	8,8	7,5	7,4	7,4	8,1	8,6	8,5	7,9	8,3
	Mínima Media	2,4	2,6	3,2	3,9	3,9	2,8	2,7	3,1	3,1	3,4	3,4	2,9	3,1

La distribución anual de la temperatura, al igual que la evaporación es de tipo bimodal. Se observa que las mayores temperaturas ocurren en la primavera astronómica, marzo – abril, con un máximo secundario en septiembre – octubre (otoño astronómico). Las temperaturas más bajas se registran en el lapso diciembre – febrero (invierno astronómico) y en el mes de junio, coincidiendo con la época de máxima pluviosidad. Por otra parte, la amplitud térmica anual promedio es de 2,2°C, lo que ratifica la condición de isoterminia del clima del área.

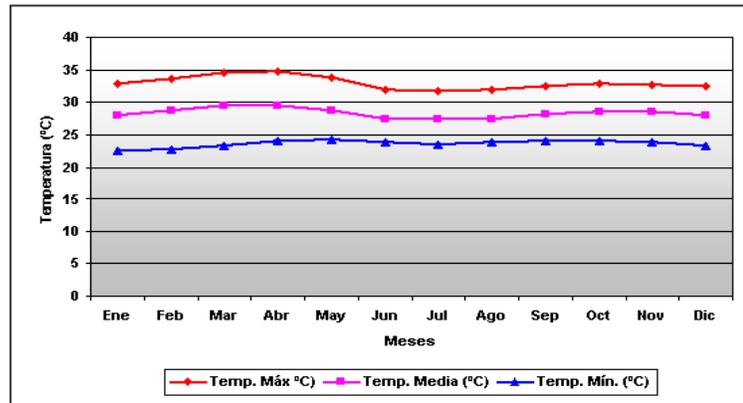


Figura 5.6 Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la Estación Musinacio (INAMEH, 2014).

## 5.2 Delimitación de la zona de captación en el área de estudio

### 5.2.1 Área de captación

El área de captación de la cuenca fue delimitada aproximadamente en 16.93 hectáreas, las cuales están conformadas por 5.67 ha de área urbanizada, 5.05 ha de área pavimentada y 6.21 ha de vegetación (tabla 5.5), dichos límites del área de captación se puede apreciar en la figura (5.7).

Tabla 5.5 Distribución de áreas del urbanismo según uso de la tierra.

Tipo de cobertura	Area		%
	(m <sup>2</sup> )	(ha)	
Residencial	56671	5.667	33.48
Pavimento	50464	5.046	29.81
Area verde	62150	6.215	36.71
Totales	<b>169285</b>	<b>16.929</b>	<b>100.00</b>



Figura 5.7 Detalle de área de captación.

### 5.2.1 Delimitación de las subcuencas de la zona de captación

Se procede a continuación a subdividir el área de estudio en parcelas (codificadas con las letras de la A hasta la L) y estas a su vez en sectores (de acuerdo a su ubicación relativa se nombrarán Norte, Este, Sur y Oeste). Asimismo, se codifican las esquinas o nodos del urbanismo con los números arábigos del 1 al 23 como se observa en la figura 5.8. Por otra parte, considerando los sentidos deseables del flujo en las conducciones o canales que se propondrán y tomando en cuenta que la propuesta urbanística ha sido diseñada toda a un solo nivel, se pueden definir dentro del área urbanizada cinco (5) subcuencas que se han codificado en colores (amarillo, azul, rojo, verde y magenta) y que drenarán sus aguas siguiendo las direcciones preferenciales de flujo (flechas color negro) hacia el sur del conjunto urbanístico como se muestra en la figura 5.9.

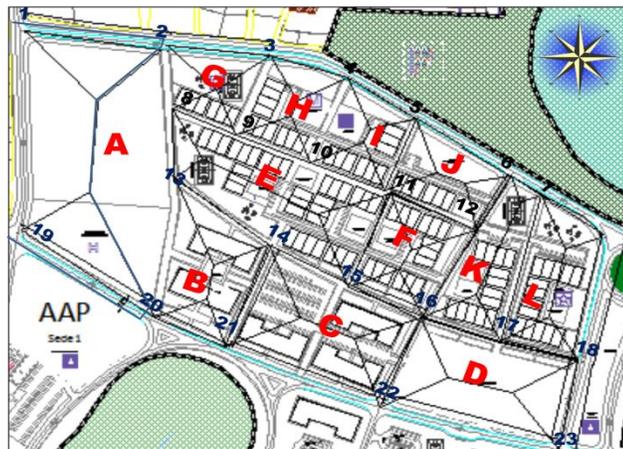


Figura 5.8 Nomenclatura de designación de las parcelas, sectores y nodos de los tramos viales.

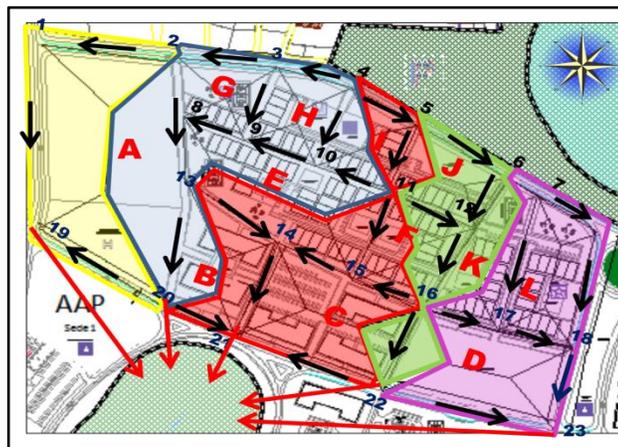


Figura 5.9 Código de colores de las subcuencas y direcciones preferenciales de flujo en flechas negras

En los apéndices A.1, A.2 y A.3 se presentan la distribución de las áreas por sectores y parcelas de acuerdo al uso del suelo.

### 5.3 Caudal de la cuenca y subcuencas del área de estudio.

La determinación del caudal aportado por la cuenca y por cada una de las subcuencas se determinará mediante la aplicación del método racional, pero lo cual será necesario determinar las áreas en cada sector y parcela de acuerdo al uso del suelo. Se estimará, seguidamente, el coeficiente de escurrimiento ponderado para cada parcela y sector del urbanismo. Luego, se determinará el tiempo de concentración de los tramos viales por donde se trazarán los canales colectores principales y secundarios, lo cual conllevará a la estimación de la intensidad de las precipitaciones, y finalmente, se calculará el gasto de drenaje aportado por cada subcuenca y el que conducirá cada canal que se propondrá.

#### 5.3.1 Estimación del coeficiente escorrentía ponderado (Cep)

En ese sentido, esta estimación dependerá de la distribución y magnitud de las áreas y del uso que se le haya dado a cada tipo de suelo. Para su determinación se utilizará la ecuación 3.4 planteada en el Capítulo III. Asimismo, se presenta la tabla 5.6 la cual muestra valores de coeficientes de escorrentía dependiendo del uso del suelo.

Tabla 5.6 Coeficientes de escorrentía (Arocha, 1983).

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía	
	Mínimo	Máximo
Zona comercial	0,70	0,95
Vecindarios, zonas de edificios, edificaciones densas	0,50	0,70
Zonas residenciales unifamiliares	0,30	0,50
Zonas residenciales multifamiliares espaciadas	0,40	0,60
Zonas residenciales multifamiliares densas	0,60	0,75
Zonas residenciales semiurbanas	0,25	0,40
Zonas industriales espaciadas	0,50	0,80
Zonas industriales densas	0,60	0,90
Parques	0,10	0,25
Zonas deportivas	0,20	0,35
Estaciones e infraestructuras viarias del ferrocarril	0,20	0,40
Zonas suburbanas	0,10	0,30
Calles asfaltadas	0,70	0,95
Calles hormigonadas	0,70	0,95
Calles adoquinadas	0,70	0,85
Aparcamientos	0,75	0,85
Techados	0,75	0,95
Praderas (suelos arenosos con pendientes inferiores al 2%)	0,05	0,10
Praderas (suelos arenosos con pendientes intermedias)	0,10	0,15
Praderas (suelos arenosos con pendientes superiores al 7%)	0,15	0,20
Praderas (suelos arcillosos con pendientes inferiores al 2%)	0,13	0,17
Praderas (suelos arcillosos con pendientes intermedias)	0,18	0,22
Praderas (suelos arcillosos con pendientes superiores al 7%)	0,25	0,35

En los apéndices B.1, B.2 y B.3 se presenta el detalle de las estimaciones de los coeficientes de escorrentía ponderado para cada sector; sin embargo, en la tabla 5.7 se presenta a continuación el resumen de dichos coeficientes de escorrentía ponderados.

Tabla 5.7 Coeficiente de escorrentía ponderado.

<b>Parcela</b>	<b>Sector</b>	<b>Cep</b>
<b>A</b>	Norte	0.347
	Este	0.294
	Sur	0.331
	Oeste	0.320
<b>B</b>	Norte	0.517
	Este	0.646
	Sur	0.685
	Oeste	0.682
<b>C</b>	Norte	0.653
	Este	0.670
	Sur	0.667
	Oeste	0.732
<b>D</b>	Norte	0.378
	Este	0.415
	Sur	0.378
	Oeste	0.307
<b>E</b>	Norte	0.693
	Este	0.663
	Sur	0.657
	Oeste	0.470
<b>F</b>	Norte	0.692
	Este	0.674
	Sur	0.678
	Oeste	0.672
<b>G</b>	Norte	0.492
	Este	0.493
	Sur	0.678
	Oeste	0.481
<b>H</b>	Norte	0.704
	Este	0.700
	Sur	0.667
	Oeste	0.682
<b>I</b>	Norte	0.523
	Este	0.696
	Sur	0.691
	Oeste	0.705
<b>J</b>	Norte	0.491
	Este	0.531
	Sur	0.664
	Oeste	0.536
<b>K</b>	Norte	0.501
	Este	0.696
	Sur	0.670
	Oeste	0.691
<b>L</b>	Norte	0.496
	Este	0.688
	Sur	0.655
	Oeste	0.708

### 5.3.2 Estimación de la Intensidad de las precipitaciones (I)

En primer lugar, se determina el tiempo de concentración ( $T_c$ ) u utilizando la ecuación propuesta por el *California Culvert Practice* presentada en este documento como ecuación 3.18 en el Capítulo III. Y luego utilizando las curvas IDF de la Estación San Diego de Cabrutica (INAMEH, 2014) presentada en la tabla 5.8 y figura 5.10 se determina la intensidad de lluvia (I) para cada tramo vial y se presenta en la tabla 5.9

Tabla 5.8 Datos para curva IDF de la estación San Diego de Cabrutica para el período 1968 – 2000 para diferentes tiempos de retorno ( $T_r$ ) (INAMEH, 2014).

Duración. (h)	Tr (Años)				
	5	10	25	50	100
0,25	127,1	152,0	184,9	209,8	234,6
0,5	87,2	106,0	130,8	149,6	168,3
1	58,4	71,2	88,1	100,9	113,7
3	29,0	37,4	48,5	56,9	65,3
6	15,8	20,3	26,3	30,8	35,3
9	11,3	14,6	19,0	22,3	25,6
12	8,5	11,0	14,4	16,9	19,4
24	4,6	5,9	7,7	9,0	10,4

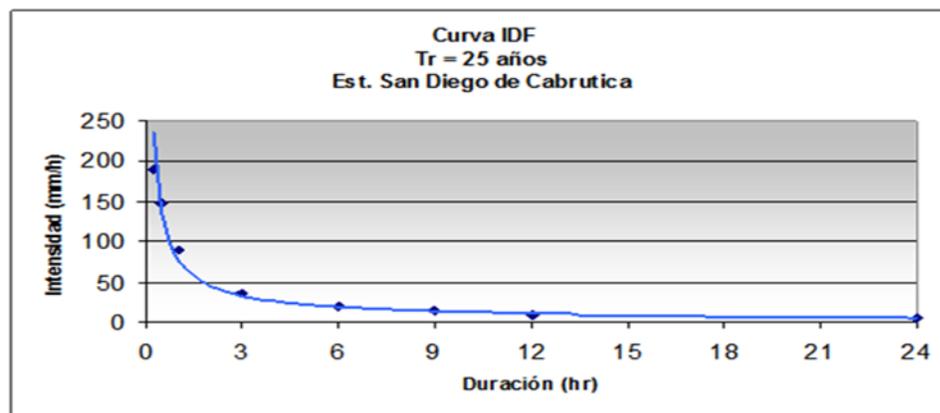


Figura 5.10 Curva IDF para  $T_r = 25$  años. Estación San Diego de Cabrutica (INAMEH, 2014).

Con base en las consideraciones antes mencionadas y a la curva IDF presentada se procedió a efectuar las estimaciones de la Intensidad de la lluvia para cada tramo vial identificada de acuerdo a la nomenclatura de los nodos presentada en la figura 5.8 (tabla 5.9).

Tabla 5.9 Intensidad de la lluvia (I) por tramo vial.

Tramo	Loongitud	Cota de ninio	Cota de fin	Dif Cota	Tiempo concent Tc	Período retorno Tr	Intensidad de lluvia		Pendiente longitudinal So
							I		
							(mm/hr)	(lps/ha)	
							(m)	(m)	
2-19	387.00	49.50	47.50	2.00	14.55	25	240	667.2	0.005168
4-20	480.00	50.00	48.00	2.00	18.66	25	240	667.2	0.004167
4-21	475.00	50.00	47.50	2.50	16.92	25	240	667.2	0.005263
5-22	349.00	49.75	48.75	1.00	16.87	25	240	667.2	0.002865
6-23	346.00	49.50	48.00	1.50	14.28	25	240	667.2	0.004335
20-19	166.00	48.00	47.50	0.50	9.34	25	240	667.2	0.003012
4-8	291.00	50.00	49.00	1.00	13.67	25	240	667.2	0.003436
3-9	102.00	49.75	49.50	0.25	6.95	25	240	667.2	0.002451
16-15	112.00	48.50	48.30	0.20	8.43	25	240	667.2	0.001786
13-14	121.00	48.50	48.25	0.25	8.46	25	240	667.2	0.002066
20-21	78.00	48.00	47.50	0.50	3.90	25	240	667.2	0.006410
22-21	168.00	48.75	47.50	1.25	6.65	25	240	667.2	0.007440
11-12	115.00	49.50	48.75	0.75	5.23	25	240	667.2	0.006522
7-18	216.00	49.00	48.50	0.50	12.65	25	240	667.2	0.002315
16-17	79.00	48.50	48.25	0.25	5.17	25	240	667.2	0.003165
11-10	81.00	49.50	49.00	0.50	4.08	25	240	667.2	0.006173
22-23	181.00	48.75	48.00	0.75	8.83	25	240	667.2	0.004144

En ese sentido, se puede observar en el anterior tabla que debido a los tiempos de concentración estimados para los tramos viales considerados, se determinó que la intensidad de lluvia es la misma en toda la superficie del conjunto urbanístico “Nueva Betania”.

### 5.3.3 Estimación de los caudales de drenaje

Tal como se afirmó anteriormente, se presenta a continuación la estimación de caudales, calculados por el método racional, drenados por parcela y sector.

Tabla 5.10 Caudales drenados por parcela y sector.

Parcela	Sector	Area (ha)	Ce pond	Intensidad Lluvia (lps/ha)	Caudal	
					(lps)	(m <sup>3</sup> /s)
A	Norte	0.593	0.347	667.2	137.2	0.137
	Este	1.381	0.294	667.2	271.2	0.271
	Sur	0.762	0.331	667.2	168.1	0.168
	Oeste	1.081	0.320	667.2	231.1	0.231
B	Norte	0.310	0.517	667.2	106.8	0.107
	Este	0.311	0.646	667.2	134.3	0.134
	Sur	0.310	0.685	667.2	141.4	0.141
	Oeste	0.311	0.682	667.2	141.7	0.142
C	Norte	0.590	0.653	667.2	256.9	0.257
	Este	0.347	0.670	667.2	155.1	0.155
	Sur	0.590	0.667	667.2	262.6	0.263
	Oeste	0.347	0.732	667.2	169.4	0.169
D	Norte	0.609	0.378	667.2	153.7	0.154
	Este	0.271	0.415	667.2	75.0	0.075
	Sur	0.609	0.378	667.2	153.7	0.154
	Oeste	0.271	0.307	667.2	55.5	0.056
E	Norte	0.788	0.693	667.2	364.1	0.364
	Este	0.322	0.663	667.2	142.6	0.143
	Sur	0.788	0.657	667.2	345.2	0.345
	Oeste	0.111	0.470	667.2	34.9	0.035
F	Norte	0.223	0.692	667.2	103.2	0.103
	Este	0.259	0.674	667.2	116.6	0.117
	Sur	0.223	0.678	667.2	101.0	0.101
	Oeste	0.259	0.672	667.2	116.2	0.116
G	Norte	0.220	0.492	667.2	72.2	0.072
	Este	0.166	0.493	667.2	54.7	0.055
	Sur	0.130	0.678	667.2	58.6	0.059
	Oeste	0.166	0.481	667.2	53.3	0.053
H	Norte	0.160	0.704	667.2	75.0	0.075
	Este	0.235	0.700	667.2	110.0	0.110
	Sur	0.160	0.667	667.2	71.0	0.071
	Oeste	0.235	0.682	667.2	107.0	0.107
I	Norte	0.170	0.523	667.2	59.3	0.059
	Este	0.202	0.696	667.2	93.8	0.094
	Sur	0.170	0.691	667.2	78.4	0.078
	Oeste	0.202	0.705	667.2	95.0	0.095
J	Norte	0.231	0.491	667.2	75.6	0.076
	Este	0.170	0.531	667.2	60.1	0.060
	Sur	0.231	0.664	667.2	102.1	0.102
	Oeste	0.170	0.536	667.2	60.7	0.061
K	Norte	0.074	0.501	667.2	24.6	0.025
	Este	0.404	0.696	667.2	187.3	0.187
	Sur	0.170	0.670	667.2	76.1	0.076
	Oeste	0.403	0.691	667.2	185.7	0.186
L	Norte	0.154	0.496	667.2	51.0	0.051
	Este	0.442	0.688	667.2	202.8	0.203
	Sur	0.159	0.655	667.2	69.3	0.069
	Oeste	0.442	0.708	667.2	208.7	0.209
<b>Total caudal del urbanismo</b>					<b>6169.7</b>	<b>6.170</b>

Asimismo, se presenta en tabla 5.11 la estimación de los caudales que serán conducidos por cada canal principal y secundario propuesto.

Tabla 5.11 Caudales drenados por cada canal principal y secundario en cada subcuenca.

Subcuenca	Tramo	Tipo de colector	Canal	Sectores aportadores	Caudal por canal		Caudal por Subcuenca
					(lps)	(m <sup>3</sup> /s)	
Amarilla	2-19	Principales	Derecho		0	0.000	0.368
			Izquierdo	A(norte + oeste)	536	0.536	
	20-19	Secundarios	Derecho	A(Sur)	168	0.168	
			Izquierdo		0	0.000	
Azul	4-20	Principales	Derecho	A(este)	271	0.271	1.580
			Izquierdo	I(norte) + G(norte + oeste) + E(oeste) + B(Oeste)	1309	1.309	
	4-8	Secundarios	Derecho	H(este + sur) + G(sur)	240	0.240	
			Izquierdo	I(oeste) + 2/3 E(norte)	365	0.365	
	11-10	Secundarios	Derecho	I(sur)	78	0.078	
			Izquierdo	1/3 E(norte)	121	0.121	
	3-9	Secundarios	Derecho	G(este)	55	0.055	
			Izquierdo	H(oeste)	107	0.107	
Rojo	4-21	Principales	Derecho	I(norte + este) + E(este) + 1/2 E(sur) + B(este)	1193	1.193	2.160
			Izquierdo	J(oeste) + F(oeste) + 1/2 C(norte) + C(oeste)	967	0.967	
	16-15	Secundarios	Derecho	F(sur)	101	0.101	
			Izquierdo	1/2 C(norte)	128	0.128	
	13-14	Secundarios	Derecho	B(norte)	107	0.107	
			Izquierdo	1/2 E(sur)	173	0.173	
	22-21	Secundarios	Derecho	C(sur)	263	0.263	
			Izquierdo		0	0.000	
20-21	Secundarios	Derecho		0	0.000		
		Izquierdo	B(sur)	141	0.141		
Verde	5-22	Principales	Derecho	J(norte + este) + F(este) + C(este)	613	0.613	0.854
			Izquierdo	k(oeste) + D(oeste)	241	0.241	
	11-12	Secundarios	Derecho	F(norte)	103	0.103	
			Izquierdo	J(sur)	102	0.102	
Magenta	6-23	Principales	Derecho	k(norte) + L(norte + este) + D(este)	1210	1.210	1.210
			Izquierdo		0	0.000	
	7-18	Secundarios	Derecho	K(este) + 1/2 D(norte)	264	0.264	
			Izquierdo	L(oeste) + 1/2 D(norte)	286	0.286	
	16-17	Secundarios	Derecho	1/2 D(norte)	77	0.077	
			Izquierdo	K(sur)	76	0.076	
	22-23	Secundarios	Derecho		0	0.000	
			Izquierdo	D(sur)	154	0.154	
<b>Caudal total</b>							<b>6.172</b>

Obsérvese que el total drenado por las parcelas se corresponde en magnitud al total drenado por las subcuencas (6.17 m<sup>3</sup>/s). Es necesario acotar que se consideró el sentido preferencial de los flujos y la geometría de cada subcuenca para la determinación de los sectores que aportarían a cada tramo vial por donde estarían trazados los canales principales o secundarios según se ubicara a la derecha o izquierda de la vialidad.

### 5.3.4 Estimación de la capacidad hidráulica de la vía

Es necesario evaluar si la vialidad posee la capacidad de conducir los caudales sin constituirse en un obstáculo para el tránsito peatonal o vehicular. En ese sentido, si la capacidad hidráulica de cada tramo vial calculada por la ecuación de Izzard (ecuación 4.14) es inferior al caudal que se drenaría por ella, entonces se justificaría el diseño de los respectivos canales. Dicha estimación se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 5.12 Capacidad hidráulica de las vías.

Subcuencua	Tramo	Tipo de colector	Canal	Caudal	Pendiente	Bombeo	Inver pend	Ancho	Coef	Altura del agua	Capacidad hidráulica	¿Requiere canal?	
				drenado	longitudinal	%/100	transversal		rugosidad	al pie brocal	de la vía		
				Qd (lps)	So (m/m)	Sx	Z = 1/Sx (m/m)	Wt (m)	n	Y (cm)	Qv (lps)		
Amarilla	2-19	Principales	Derecho	0.00	0.005168	0.02	50	1.5	0.016	3	7.4	NO	
			Izquierdo	368.33	0.005168	0.02	50	1.5	0.016	3	7.4	SI	
	20-19	Secundarios	Derecho	168.13	0.003012	0.02	50	1.5	0.016	3	5.6	SI	
			Izquierdo	0.00	0.003012	0.02	50	1.5	0.016	3	5.6	NO	
Azul	4-20	Principales	Derecho	271.16	0.004167	0.02	50	1.5	0.016	3	6.6	SI	
			Izquierdo	342.17	0.004167	0.02	50	1.5	0.016	3	6.6	SI	
	4-8	Secundarios	Derecho	239.59	0.003436	0.02	50	1.5	0.016	3	6.0	SI	
			Izquierdo	365.42	0.003436	0.02	50	1.5	0.016	3	6.0	SI	
	11-10	Secundarios	Derecho	78.43	0.006173	0.02	50	1.5	0.016	3	8.0	SI	
			Izquierdo	121.37	0.006173	0.02	50	1.5	0.016	3	8.0	SI	
		3-9	Secundarios	Derecho	54.67	0.002451	0.02	50	1.5	0.016	3	5.1	SI
				Izquierdo	106.99	0.002451	0.02	50	1.5	0.016	3	5.1	SI
Rojo	4-21	Principales	Derecho	602.59	0.005263	0.02	50	1.5	0.016	3	7.4	SI	
			Izquierdo	474.71	0.005263	0.02	50	1.5	0.016	3	7.4	SI	
	16-15	Secundarios	Derecho	101.03	0.001786	0.02	50	1.5	0.016	3	4.3	SI	
			Izquierdo	128.43	0.001786	0.02	50	1.5	0.016	3	4.3	SI	
	13-14	Secundarios	Derecho	106.82	0.002066	0.02	50	1.5	0.016	3	4.7	SI	
			Izquierdo	172.59	0.002066	0.02	50	1.5	0.016	3	4.7	SI	
	22-21	Secundarios	Derecho	262.58	0.007440	0.02	50	1.5	0.016	3	8.8	SI	
			Izquierdo	0.00	0.007440	0.02	50	1.5	0.016	3	8.8	NO	
20-21	Secundarios	Derecho	0.00	0.006410	0.02	50	1.5	0.016	3	8.2	NO		
		Izquierdo	141.41	0.006410	0.02	50	1.5	0.016	3	8.2	SI		
Verde	5-22	Principales	Derecho	407.29	0.002865	0.02	50	1.5	0.016	3	5.5	SI	
			Izquierdo	241.22	0.002865	0.02	50	1.5	0.016	3	8.3	SI	
	11-12	Secundarios	Derecho	103.17	0.006522	1.02	51	1.5	0.016	3	8.4	SI	
			Izquierdo	102.13	0.006522	2.02	52	1.5	0.016	3	8.6	SI	
Magenta	6-23	Principales	Derecho	353.34	0.004335	3.02	53	1.5	0.016	3	7.1	SI	
			Izquierdo	0.00	0.004335	4.02	54	1.5	0.016	3	7.3	NO	
	7-18	Secundarios	Derecho	264.14	0.002315	5.02	55	1.5	0.016	3	5.4	SI	
			Izquierdo	285.59	0.002315	6.02	56	1.5	0.016	3	5.5	SI	
	16-17	Secundarios	Derecho	76.86	0.003165	7.02	57	1.5	0.016	3	6.6	SI	
			Izquierdo	76.13	0.003165	8.02	58	1.5	0.016	3	6.7	SI	
	22-23	Secundarios	Derecho	0.00	0.0041436	9.02	59	1.5	0.016	3	7.8	NO	
			Izquierdo	153.74	0.0041436	10.02	60	1.5	0.016	3	7.9	SI	

### 5.4 Parámetros hidráulicos de los canales del sistema de drenaje.

Se utilizó la aplicación computarizada HCANALES la cual hace uso de las ecuaciones de Darcy, de Manning y de Bernoulli para las estimaciones geométricas e hidráulicas de cada canal y se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5.13 Parámetros geométricos e hidráulicos de cada canal

Subcuenca	Tramo	Tipo de colector	Canales	Caudal drenado		Pendiente longitudinal So (m/m)	Pendiente taludes z	Coef rugosidad n	Ancho solera b (m)	Ancho superficie T (m)	Profund y y (m)	Borde libre Bl (m)	Profund total yt (m)	Perimetro mojado Pm (m)	Area		Radio hidráulico Rh (m)	Velocidad V (m/s)	Número Froude Fr
				(lps)	(m <sup>3</sup> /s)										A (m <sup>2</sup> )	Rh (m)			
Amarillo	2-19	Principales	P. derecho	0.00	0.000	0.005168													
			P. izquierdo	368.33	0.536	0.005168	0.00	0.016	1.00	1.00	0.34	0.10	0.44	1.68	0.34	0.20	1.55	0.85	
	20-19	Secundarios	P. derecho	168.13	0.168	0.003012	0.00	0.016	0.94	0.94	0.40	0.12	0.52	1.74	0.38	0.22	0.94	0.48	
			P. izquierdo	0.00	0.000	0.003012													
	4-20	Principales	P. derecho	271.16	0.271	0.004167	0.00	0.016	0.50	0.50	0.45	0.14	0.59	1.40	0.23	0.16	1.20	0.57	
			P. izquierdo	1308.00	1.308	0.004167	0.00	0.016	1.00	1.00	0.73	0.22	0.95	2.46	0.73	0.30	1.79	0.67	
	4-8	Secundarios	P. derecho	239.59	0.240	0.003436	0.00	0.016	0.50	0.50	0.44	0.13	0.57	1.38	0.22	0.16	1.08	0.52	
			P. izquierdo	365.42	0.365	0.003436	0.00	0.016	0.50	0.50	0.63	0.19	0.82	1.76	0.32	0.18	1.16	0.47	
Azul	11-10	Secundarios	derecho	78.43	0.078	0.006173	0.00	0.016	0.50	0.30	0.26	0.08	0.34	0.82	0.08	0.10	1.02	0.64	
			izquierdo	121.37	0.121	0.006173	0.00	0.016	0.50	0.50	0.22	0.07	0.29	0.94	0.11	0.12	1.17	0.80	
	3-9	Secundarios	derecho	54.67	0.055	0.002451	0.00	0.016	0.30	0.30	0.20	0.06	0.26	0.70	0.06	0.09	0.95	0.69	
			izquierdo	106.99	0.107	0.002451	0.00	0.016	0.50	0.50	0.27	0.08	0.35	1.04	0.14	0.13	0.79	0.49	
	4-21	Principales	derecho	1193.00	1.193	0.005263	0.00	0.016	1.00	1.00	0.62	0.19	0.81	2.24	0.62	0.28	1.93	0.78	
			izquierdo	967.00	0.967	0.005263	0.00	0.016	0.75	0.75	0.72	0.22	0.94	2.19	0.54	0.25	1.78	0.67	
Rojo	16-15	Secundarios	derecho	101.03	0.101	0.001786	0.00	0.010	0.50	0.50	0.21	0.06	0.27	0.92	0.11	0.11	0.99	0.70	
			izquierdo	128.43	0.128	0.001786	0.00	0.016	0.50	0.50	0.25	0.08	0.33	1.00	0.13	0.13	1.05	0.68	
	13-14	Secundarios	derecho	106.82	0.107	0.002066	0.00	0.010	0.50	0.50	0.20	0.06	0.26	0.90	0.10	0.11	1.06	0.75	
			izquierdo	172.59	0.173	0.002066	0.00	0.016	0.50	0.50	0.42	0.13	0.55	1.34	0.21	0.16	0.83	0.41	
	22-21	Secundarios	derecho	262.58	0.263	0.007440	0.00	0.016	0.50	0.50	0.35	0.11	0.46	1.20	0.18	0.15	1.50	0.81	
			izquierdo	0.00	0.000	0.007440													
20-21	Secundarios	derecho	0.00	0.000	0.006410														
izquierdo	141.41	0.141	0.006410	0.00	0.016	0.50	0.50	0.23	0.07	0.30	0.96	0.12	0.12	1.22	0.80				
Verde	5-22	Principales	derecho	613.00	0.613	0.002865	0.00	0.016	0.50	0.50	1.06	0.32	1.38	2.62	0.53	0.20	1.15	0.36	
			izquierdo	241.22	0.241	0.002865	0.00	0.016	0.50	0.50	0.48	0.14	0.62	1.46	0.24	0.16	1.00	0.46	
	11-12	Secundarios	derecho	103.17	0.103	0.006522	0.00	0.016	0.50	0.50	0.18	0.05	0.23	0.86	0.09	0.10	1.13	0.84	
			izquierdo	102.13	0.102	0.006522	0.00	0.016	0.50	0.50	0.18	0.05	0.23	0.86	0.09	0.10	1.13	0.84	
Magente	6-23	Principales	derecho	1210.00	1.210	0.004335	0.00	0.016	1.00	1.00	0.68	0.20	0.88	2.36	0.68	0.29	1.79	0.70	
			izquierdo	0.00	0.000	0.004335													
	7-18	Secundarios	derecho	264.14	0.264	0.002315	0.00	0.016	0.50	0.50	0.56	0.17	0.73	1.62	0.28	0.17	0.93	0.40	
			izquierdo	285.59	0.286	0.002315	0.00	0.016	0.50	0.50	0.60	0.18	0.78	1.70	0.30	0.18	0.95	0.40	
	16-17	Secundarios	derecho	76.86	0.077	0.003165	0.00	0.016	0.30	0.30	0.33	0.10	0.43	0.96	0.10	0.10	0.77	0.43	
			izquierdo	76.13	0.076	0.003165	0.00	0.016	0.50	0.30	0.32	0.10	0.42	1.14	0.16	0.14	0.76	0.43	
	22-23	Secundarios	derecho	0.00	0.000	0.004144													
			izquierdo	153.74	0.154	0.004144	0.00	0.016	0.50	0.50	0.29	0.09	0.38	1.08	0.15	0.13	1.06	0.62	

## 5.5 Trazado en planta y perfil longitudinal de los canales propuestos

### 5.5.1 Trazado en planta

Debido a que la estructura y ubicación de las parcelas con respecto a los canales no es la misma, dará lugar a canales que conducirán diferentes volúmenes de agua, cada uno con características definidas; sin embargo, en ciertas condiciones los canales pueden presentar iguales valores de intensidad de lluvia y coeficientes de escorrentía, inclusive el área drenada puede llegar a ser similar. Estas circunstancias se observaron en las tablas 5.10, 5.11 y 5.13. En la figura 5.11 se presenta el trazado en planta de los canales principales del urbanismo, cada subcuenca posee dos (2) canales principales (uno a cada lado de la vía) a excepción de las cuencas Amarillo y la Magenta que presentan un solo canal principal cada una. El resto de las vialidades poseen canales secundarios.

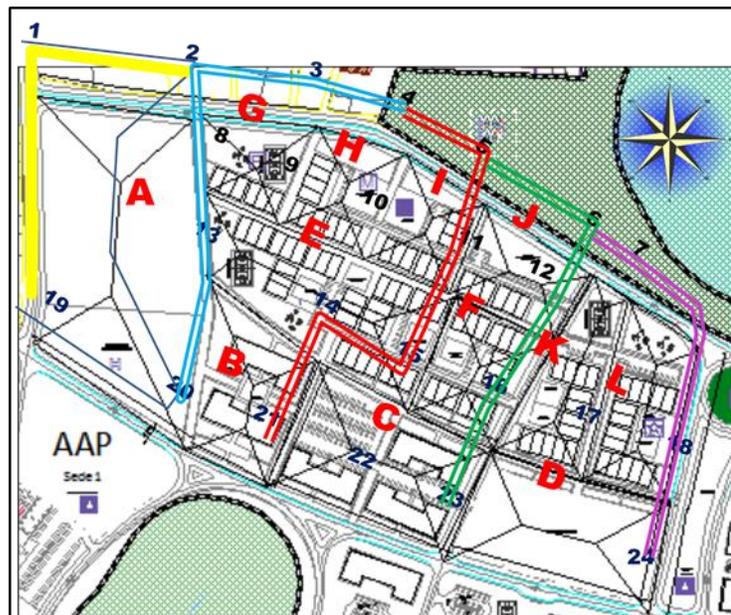


Figura 5.11 Trazado en planta de los canales principales.

El trazado en planta de los canales superficiales fue previsto de manera tal que se aprovechara las condiciones ya impuestas en el área de estudio, facilitando en la medida de lo posible las condiciones y criterios necesarios para la disposición final de las aguas pluviales en un lugar adecuado como el cauce de un río cercano.

### **5.5.2 Perfil longitudinal de los canales principales**

Los canales principales son los encargados de transportar el mayor gasto dentro del urbanismo, siendo estos los canales que tendrán las dimensiones de mayor tamaño a pesar de que puedan encontrarse canales secundarios con dimensiones muy cercanas, es producto de pendientes bajas .

En los apéndices \_C.1 hasta C.8 se presentan los perfiles longitudinales de los ocho (8) canales principales trazados en sentido norte a sur a través de cada subcuenca. Los perfiles transversales mencionados muestran tres (3) líneas que identifican la superficie del terreno (línea superior de color azul), luego se observa la representación del fondo del canal (línea intermedia de color rojo) y finalmente, se muestra el fondo de la excavación (línea inferior de color verde).

### **5.5.2 Perfiles longitudinales**

Habiendo definido de manera precisa el trazado en planta de los canales, se procedió a la confección de los perfiles longitudinales lo que requirió utilizar la topografía del área de estudio ya que se definen como una representación gráfica de la forma del terreno, siendo significativo incorporar el perfil de los canales junto al terreno ya que nos permitió correlacionar las condiciones existentes entre ellos.

La ejecución de los perfiles se hizo de manera minuciosa para reflejar con exactitud las variaciones presentes a lo largo de los alineamientos en estudio, lo que

nos permitió describir las cotas de cada elemento presente como: calle, rasante mejorada, lecho del canal y fondo de excavación.

Fueron implementados distintos valores de espaciamiento para las progresivas de acuerdo a la longitud respectiva del canal, un punto a destacar es que los perfiles tienen como característica principal la implementación de escala vertical diferente a la horizontal para efectos prácticos ya que proporciona un nivel de detalle superior.

El planteamiento ideal dentro de los canales era conservar la pendiente longitudinal de la vialidad ya que representaría la alternativa ideal fundamentada por bajo volumen de excavación y viabilidad constructiva, aunque en ciertos casos fue necesario aumentar la pendiente para asegurar la velocidad mínima o capacidad del canal.

Los perfiles de los canales podrán observarse en apéndices, siendo el Apéndice E el correspondiente a los canales principales exceptuando el perimetral que se encuentra en Anexo 3, y los canales secundarios en el Apéndice F

## **CAPÍTULO VI**

### **LA PROPUESTA**

#### **6.1 Objetivo de la propuesta**

Propuesta de un sistema de drenaje superficial para conducción de aguas pluviales en el conjunto urbanístico “Nueva Betania”, en Pariaguán, municipio Francisco de Miranda, estado Anzoátegui, Venezuela.

#### **6.2 Alcance**

Proyectar, calcular y diseñar un sistema de drenajes superficiales que tenga la capacidad de transportar de manera eficiente la escorrentía producida por la pluviosidad que se provengan del interior o exterior del conjunto urbanístico “Nueva Betania” ubicado en Pariaguán, municipio Francisco de Miranda, estado Anzoátegui, Venezuela.

#### **6.3 Justificación**

La implementación del sistema de drenajes propuesto garantizará la correcta conducción o encauzamiento de las aguas de escorrentía de origen pluvial e incrementará la calidad de vida de los habitantes dentro del urbanismo. Considerando la capacidad hidráulica de cada tramo vial de tal manera que no se vea afectada por estancamientos de agua o daños a las infraestructuras, permitiendo el libre y seguro tránsito de peatones y vehículos, al igual que impidiendo posibles inundaciones que dificulten la ejecución de las actividades antrópicas, y coadyuvando a la prevención de enfermedades.

## **6.4 Metodología de trabajo**

Principalmente fue necesaria la delimitación del área y perímetro de la cuenca y subcuencas de drenaje, recopilación del material técnico correspondiente a los estudios hidrológicos y topográficos, posteriormente la delimitación y cálculo del área de parcelas y sectores, vialidad y vegetación, en función de estos determinamos el coeficiente de escorrentía ponderado, fue imprescindible obtener los valores de pendiente, tiempo de concentración e intensidad, acto seguido se procedió a la estimación del caudal mediante el método racional.

Habiendo obtenido los caudales correspondientes a cada canal, se procedió al diseño de su sección mediante la ecuación de Manning, optando por sección rectangular, habiendo definido las secciones se obtuvieron los parámetros geométricos e hidráulicos.

Para finalizar, se estableció un trazado que cumpliera con las necesidades del sistema permitiendo un funcionamiento acorde y eficiente, aunado a eso la elaboración de perfiles longitudinales, permitiendo correlacionar las condiciones del terreno y canales.

## **6.5 Propuesta de canales**

La propuesta se basa en un sistema de drenajes conformado por canales principales que tienen direcciones predominantes de norte a sur y canales secundarios que son transversales a los canales principales, que actúan como colectores, existiendo casos de muy pocos canales denominados terciarios debido a que descargan en canales secundarios.

### 6.5.1 Dimensionamiento básico

El sistema está conformado por ocho (8) canales principales (figura 5.x) y veinticuatro (24) canales secundarios, con la capacidad de drenar eficientemente 16.93 hectáreas y un caudal de  $6.17 \text{ m}^3/\text{s}$  y manteniendo velocidades superiores a la mínima  $0,75 \text{ m/s}$  y menores a la máxima  $5.00 \text{ m/s}$ . Todos los canales son de sección transversal rectangular, revestidos de concreto ( $n = 0.016$ ).

Las dimensiones de los canales principales oscilaron desde  $0.50 \text{ m}$  hasta  $1.00 \text{ m}$  de solera (b) y  $0.34 \text{ m}$  y  $1.06 \text{ m}$  de altura (y), en el caso de los canales secundarios el ancho de la base (b) osciló entre  $0.30 \text{ m}$  y  $0.94 \text{ m}$ , con una altura (y) entre  $0.18 \text{ m}$  y  $0.72 \text{ m}$ .

### 6.5.2 Premisas de trazado

El sistema de drenajes estará compuesto con canales principales ubicados a ambos lados de la calzada y serán los encargados de drenar el agua hasta el punto final o descarga, incluyendo todo el fluido drenado por los colectores que son los encargados de recolectar las aguas distantes a los principales que pudieran no llegar hasta ellos debido a que la capacidad hidráulica no es suficiente para asegurar la conducción de las mismas, distinguiéndose la importancia de los canales secundarios dentro del diseño, la ausencia de los mismos producirían estancamiento y fallas en el sistema.

En función a lo anterior, se procedió a seleccionar la ubicación y dirección de los canales principales dentro del urbanismo, y acto seguido se definieron la ubicación y dirección de los canales secundarios, todo esto tomando en cuenta el caudal a transportar y específicamente la topografía. Para la obtención del mejor trazado en planta fue necesario el ensayo y error debido a que en ciertas condiciones

los diseños previos no eran los suficientemente eficientes en especial si consideramos la necesidad de aprovechar los cauces de agua cercanos para la ubicación de las descargas, siendo éste trazado el resultado de dicho procedimiento. El trazado se basó en definir canales donde fuese necesario, permitiéndose el aprovechamiento de la capacidad hidráulica en los casos donde fuese compleja la implementación de canales. La ubicación de los canales principales se fundamentó de acuerdo al criterio de las calles más cargadas y por ende la decisión de ubicarlos a ambos lados de la calzada. Los canales principales además de representar los de mayores dimensiones también son los de mayor longitud.

### 6.5.3 Rejillas de protección

Se deben implementar rejillas en el tope de los canales con el objetivo de filtrar cualquier desperdicio que sea arrastrado por la escorrentía y que conjuntamente sirva de protección para los conductores debido al riesgo que representa que dicho canal descubierto pueda producir accidentes de tránsito o empeorarlos en algunos casos, además de brindarle a los mismos la posibilidad de detener sus vehículos de manera segura junto a la cebra.

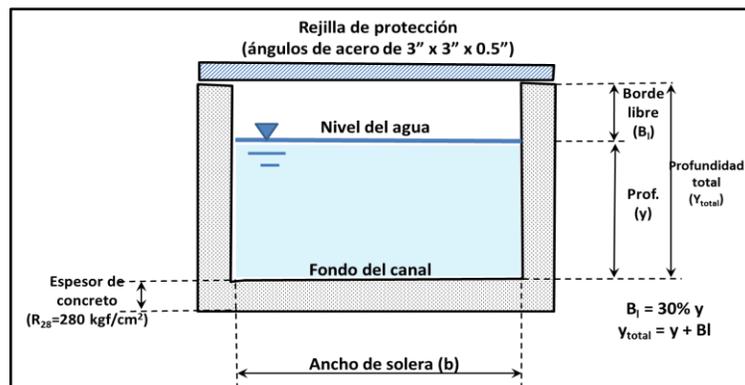


Figura 6.1 Sección transversal típica de un canal.

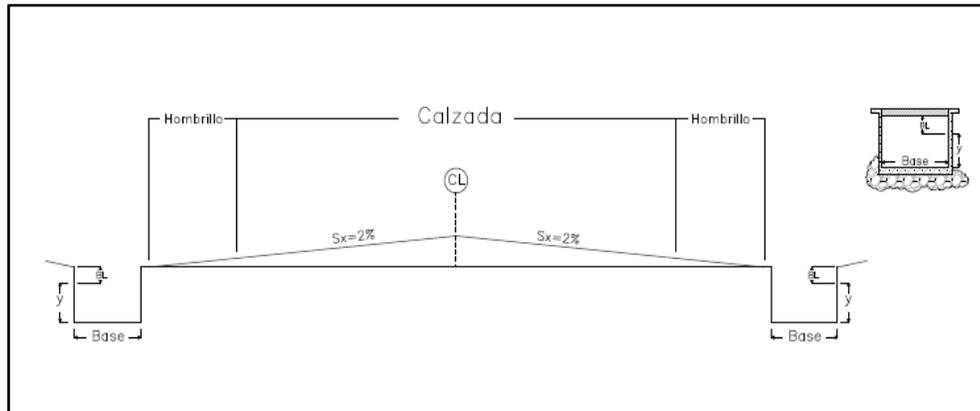


Figura 6.2 Sección transversal y en planta de la calzada y detalle de canal con rejilla.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Posterior al estudio y análisis de los cálculos correspondientes para el logro de los objetivos, se puede concluir que:

1. La zona de estudio presenta un régimen pluviométrico unimodal, definido por un tope de lluvia durante el año, ocurriendo en los meses del verano astronómico (junio, julio, agosto), en estos tres (3) meses se recoge casi el 50 % del volumen total de precipitación anual; asimismo la evaporación promedio anual es elevada, registrando un valor aproximado de 2600 mm por año, destacando dos épocas donde se presentan los valores más altos, lo cual casi coincide con las épocas de lluvias; aunado a eso la temperatura cumple con la condición de isoterminia, lo que significa que la variación de temperatura entre el mes más cálido y frío no supera los 5°C, característica ratificada por los datos de temperatura suministrados.

2. El área total del urbanismo (16.93 ha) se encuentra distribuida según tres (3) usos particulares: la más importante corresponde a la superficie ocupada por áreas verdes (36.71%), infraestructuras residenciales (33.48%) y superficies pavimentadas (29.81%).

3. El caudal drenado de la cuenca producto de las aguas pluviales es de 6.17 m<sup>3</sup>/s distribuido entre cinco (5) puntos de descargas, cada uno con su respectivo gasto, definiéndolos como las subcuencas que la conforma, resaltando que dichas subcuencas presentan sus respectivos afluentes. La magnitud del gasto de cada subcuenca en orden decreciente porcentual será:

la rojo (35.0%), la azul (25.6 %), la magenta (19.6 m<sup>3</sup>/s), verde (13.8 m<sup>3</sup>/s) y amarillo (6 %) m<sup>3</sup>/s respectivamente.

4. Los parámetros hidráulicos están en función de las dimensiones del canal, por lo que fue necesaria la determinación de las secciones de acuerdo a los criterios de diseño establecidos, resultando ser que los canales principales son los que cuentan con dimensiones y parámetros hidráulicos superiores variando entre 0.50 a 1.00 metros de base y 0.34 a 0.73 metros de profundidad debido al gasto que deben transportar, y en el caso de los canales secundarios dichas dimensiones variaron entre 0.3 y 0.9 metros de base y 0.18 y 0.6 metros de profundidad.

5. El trazado en planta del sistema de drenaje se realizó con el objeto de brindar el mejor desempeño para las condiciones existentes, destacando que su estructura está conformada por nueve (9) canales principales y veinticuatro (24) canales secundarios con la capacidad de captar y transportar eficientemente un caudal de 6.17 m<sup>3</sup>/s, asimismo se elaboraron los perfiles longitudinales que reflejan las condiciones del terreno versus los canales, permitiendo observar que las pendientes oscilan entre 0.001786 m/m y 0.007440 m/m.

### **Recomendaciones**

1. Analizar la posibilidad de eventos hidrometeorológicos de gran intensidad y/o duración y períodos de retorno superiores a los 25 años.

2. Modelar las condiciones de manejo de las aguas de escorrentía pluvial utilizando un sistema de drenaje subterráneo mediante sumideros y tuberías.

## REFERENCIAS

Arana P., S. y Jiménez S., A. (1999). **MANTENIMIENTO DE DRENAJES EN LA VIALIDAD**. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Arias, Fidas. (1999). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela. (pp.55)

Arias, Fidas. (2006). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Quinta Edición. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela. (pp.143)

Arocha, Simón. (1983). **CLOACAS Y DRENAJES**. Ediciones Vega s.r.l. Caracas, Venezuela. (pp.263)

Bañón Blázquez, Luis (2000). **EL AGUA Y LA CARRETERA**. 4 de Abril de 2015. [[http://sirio.ua.es/proyectos/manual\\_%20carreteras/02010401.pdf](http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/02010401.pdf)]. (pp.1–4)

Bateman, Allen (2007). **HIDROLOGÍA BÁSICA Y APLICADA**. Grupo de Investigaciones en Transporte de Sedimentos. Colombia. (pp.70)

Beltran González, L. (2004). **HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS**. Primera edición. Editorial Ameco. Puerto la cruz, Venezuela. (p. 5)

Benitez y Seijas, (2.013). **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA CALLE VICTORIA A LA ALTURA DEL BARRIO LIBERTAD, DE LA PARROQUIA AGUA SALADA, MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar

Blanco, G. y De Brito, R. (2009), en su tesis de grado titulada “**DISEÑO DE PROGRAMA COMPUTARIZADO PARA EL ESTUDIO DE CANALES ABIERTOS. UNIVERSIDAD DE ORIENTE. CIUDAD BOLÍVAR. VENEZUELA**”. Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar.

Bolinaga, Juan. (1979). **DRENAJE URBANO**. Instituto nacional de obras. Caracas, Venezuela. (pp.399)

Breña A. y Jacobo M. (2006). **PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL**. Editorial Casa Abierta al Tiempo. México. (pp.254)

Cardenas R. **DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL ÓPTIMO Y FUNCIONAL PARA EL SECTOR “LA ROTARIA” DE LA PARROQUIA RAÚL LEONI DE MARACAIBO, ESTADO. ZULIA**. Universidad del Zulia. Maracaibo.

Chereque, W. (2003). **HIDROLOGÍA PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA CIVIL**. Segunda edición. Editorial Concytec. Lima, Perú.(pp.223)

Chow, Ven Te. (1994). **MANUAL DE HIDROLOGÍA APLICADA**. Editorial Nomos S.A. Colombia. (pp.584)

Chow, Ven Te. (2000). **HIDROLOGÍA APLICADA**. Cuarta Edición. Editorial Nomos S.A. Colombia. (pp.577)

Chow, Ven Te. (2004). **HIDRÁULICA DE LOS CANALES ABIERTOS**. Quinta Edición. Editorial Nomos S.A. Colombia. (pp.655).

Chow, Ven Te. (2008). **HIDRÁULICA DE LOS CANALES ABIERTOS**. Editorial Nomos S.A. Colombia. (pp.655)

Comisión Estatal de Aguas de Querétaro (2000). **ALCANTARILLADO PLUVIAL**. 19 de Noviembre de 2015 [<http://www.ceaqueretaro.gob.mx>]. (pp.30).

Diccionario de la Real Academia Española (DRAE). (2012) **DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA**. 17 de abril de 2015. [<http://www.rae.es/recursos/diccionarios/drae>]

Erazo, Adriana. (2004). [Servicio Nacional de Estudios Territoriales]. **REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS Y MEDIOS EN EL SALVADOR**. 30 de septiembre de 2014. [<http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/caudales.pdf>]. (pp.21)

Finol M, Camacho H, (2006). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. Universidad del Zulia. Zulia, Venezuela. (p. 77)

Garreaud, Réne (2005). **ATMÓSFERA, TIEMPO Y CLIMA**. 5 de Abril de 2015. [[http://mct.dgf.uchile.cl/CURSOS/Clases\\_Atmosfera/clase1\\_intro.pdf](http://mct.dgf.uchile.cl/CURSOS/Clases_Atmosfera/clase1_intro.pdf)]. (pp.12)

Hernández, M. (2003). **EL MANUAL DE TESIS DE GRADO Y ESPECIALIZACIÓN Y MAESTRÍA Y TESIS DOCTORALES DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA LIBERTADOR**. Tercera Edición. FEDUPEL. Caracas, Venezuela. (pp.245).

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). (2014). 20 de septiembre de 2014. Anzoátegui. [<http://www.inameh.gob.ve/>]

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2015). **XIV CENSO NACIONAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA DE ANZOATEGUI** 15 de febrero de 2015. [<http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/anzoategui.pdf>]

Jiménez Escobar, Henry (1986). **HIDROLOGÍA BÁSICA**. 28 de Noviembre de 2015 [<http://www.univalle.edu.com>]. (pp.248)

Martin Domingo, Augustin (2011). **APUNTES DE TRANSMICIÓN DEL CALOR**. 3 de Abril de 2015 [ <http://oa.upm.es/6935/1/amd-apuntes-transmision-calor.pdf>]. (pp.53)

Martínez A. y Navarro, J. (1996). **HIDROLOGÍA FORESTAL: EL CICLO HIDROLÓGICO**. Universidad de Valladolid. Valladolid, España. (pp.286)

Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú (2011). **MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRAULICA Y DRENAJE**. 2 de Diciembre de 2015 [[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_2950.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf)]. (pp.222)

Morales y Ontón (2010). **PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA RED DE DRENAJES DE AGUAS PLUVIALES ADYACENTES AL CANAL DE CINTURA EXISTENTE DESDE LA PROGRESIVA 1+235 HASTA LA 2+554 EN CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar.

Quintal y Velásquez (2009). **ESTUDIO HIDROLÓGICO PARA DISEÑAR SISTEMAS DE DRENAJES TRANSVERSALES EN EL TRAMO VIAL LAS CAÑAS-GUANOCO, MUNICIPIO BENÍTEZ, ESTADO SUCRE**.

Rodríguez, P. (2008). **HIDRÁULICA DE CANALES**. Instituto tecnológico de Oaxaca. México. (pp 570)

Rocha, Arturo. (2002). **HIDRÁULICA DE TUBERÍAS Y CANALES**. Primera Edición. Lima, Perú. (pp 515)

Rubén., R, (2009), **PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL EN LA VIALIDAD RURAL DE SANTA LUCIA – JACOÁ, (FUNDO ZAMORANO) DEL MUNICIPIO BARINAS ESTADO BARINAS**. Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño Extensión Barinas. Barinas.

Sabino, C. (1994). **COMO HACER UNA TESIS Y ELABORAR TODO TIPOS DE ESCRITOS**. Tercera Edición. Editorial Panapo. Caracas, Venezuela. (pp.240)

Scosinsky, G. y Losilla, M.[Revista Geológica de América Central] (2000). **MODELO ANALÍTICO PARA DETERMINAR LA INFILTRACIÓN CON BASE EN LA LLUVIA MENSUAL**. 30 de septiembre de 2014. [<http://www.latindex.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/viewFile/8579/8102>]. (pp.43-55)

Socorro y Rodríguez (2005.) **CAUSAS DE INUNDACIONES POR LLUVIA EN LA URBANIZACIÓN ALTOS DEL PILAR**.

Tamayo, M. (1997). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. Segunda Edición. Editorial Limusa. Mexico. (pp.175)

Tamayo, M. (1999). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. Segunda Edición. Editorial Limusa. Mexico. (pp.231)

## **APÉNDICES**

**APÉNDICE A**  
**DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS POR SECTOR Y PARCELA**

A.1 Distribución de áreas por sector para las parcela A, B, C y D según el uso del suelo.

Parcela	Sector	Tipo de cobertura del suelo	Área parcial		Área total del sector		Área total de la parcela	
			(m <sup>2</sup> )	(ha)	(m <sup>2</sup> )	(ha)	(m <sup>2</sup> )	(ha)
A	Norte	Residencial	0	0.000	5932	0.593	38174	3.817
		Pavimento	1450	0.145				
		Área verde	4482	0.448				
	Este	Residencial	0	0.000	####	1.381		
		Pavimento	2170	0.217				
		Área verde	11641	1.164				
	Sur	Residencial	0	0.000	7620	0.762		
		Pavimento	1660	0.166				
		Área verde	5960	0.596				
	Oeste	Residencial	0	0.000	####	1.081		
		Pavimento	2170	0.217				
		Área verde	8641	0.864				
B	Norte	Residencial	1250	0.125	3095	0.310	12417	1.242
		Pavimento	595	0.060				
		Área verde	1250	0.125				
	Este	Residencial	2089	0.209	3114	0.311		
		Pavimento	575	0.058				
		Área verde	450	0.045				
	Sur	Residencial	865	0.087	3095	0.310		
		Pavimento	1780	0.178				
		Área verde	450	0.045				
	Oeste	Residencial	1263	0.126	3113	0.311		
		Pavimento	1450	0.145				
		Área verde	400	0.040				
C	Norte	Residencial	1800	0.180	5899	0.590	18737	1.874
		Pavimento	2950	0.295				
		Área verde	1149	0.115				
	Este	Residencial	2240	0.224	3470	0.347		
		Pavimento	850	0.085				
		Área verde	380	0.038				
	Sur	Residencial	3328	0.333	5898	0.590		
		Pavimento	1820	0.182				
		Área verde	750	0.075				
	Oeste	Residencial	868	0.087	3470	0.347		
		Pavimento	2352	0.235				
		Área verde	250	0.025				
D	Norte	Residencial	0	0.000	6090	0.609	17595	1.76
		Pavimento	1810	0.181				
		Área verde	4280	0.428				
	Este	Residencial	0	0.000	2707	0.271		
		Pavimento	970	0.097				
		Área verde	1737	0.174				
	Sur	Residencial	0	0.000	6091	0.609		
		Pavimento	1810	0.181				
		Área verde	4281	0.428				
	Oeste	Residencial	0	0.000	2707	0.271		
		Pavimento	485	0.049				
		Área verde	2222	0.222				

A.2 Distribución de áreas por sector para las parcela E, F, G y H según el uso del suelo.

Parcela	Sector	Tipo de cobertura del suelo	Área parcial		Área total del sector		Área total de la parcela	
			(m <sup>2</sup> )	(ha)	(m <sup>2</sup> )	(ha)	(m <sup>2</sup> )	(ha)
E	Norte	Residencial	6342	0.634	7877	0.788	20087	2.01
		Pavimento	1185	0.119				
		Área verde	350	0.035				
	Este	Residencial	1713	0.171	3223	0.322		
		Pavimento	1060	0.106				
		Área verde	450	0.045				
	Sur	Residencial	4665	0.467	7875	0.788		
		Pavimento	2110	0.211				
		Área verde	1100	0.110				
	Oeste	Residencial	150	0.015	1112	0.111		
		Pavimento	375	0.038				
		Área verde	587	0.059				
F	Norte	Residencial	1629	0.163	2234	0.223	9652	0.97
		Pavimento	475	0.048				
		Área verde	130	0.013				
	Este	Residencial	1557	0.156	2592	0.259		
		Pavimento	750	0.075				
		Área verde	285	0.029				
	Sur	Residencial	1649	0.165	2234	0.223		
		Pavimento	405	0.041				
		Área verde	180	0.018				
	Oeste	Residencial	1792	0.179	2592	0.259		
		Pavimento	545	0.055				
		Área verde	255	0.026				
G	Norte	Residencial	0	0.000	2200	0.220	6819	0.68
		Pavimento	1070	0.107				
		Área verde	1130	0.113				
	Este	Residencial	416	0.042	1662	0.166		
		Pavimento	465	0.047				
		Área verde	781	0.078				
	Sur	Residencial	683	0.068	1295	0.130		
		Pavimento	462	0.046				
		Área verde	150	0.015				
	Oeste	Residencial	531	0.053	1662	0.166		
		Pavimento	335	0.034				
		Área verde	796	0.080				
H	Norte	Residencial	625	0.063	1595	0.160	7897	0.79
		Pavimento	820	0.082				
		Área verde	150	0.015				
	Este	Residencial	1624	0.162	2354	0.235		
		Pavimento	610	0.061				
		Área verde	120	0.012				
	Sur	Residencial	975	0.098	1595	0.160		
		Pavimento	430	0.043				
		Área verde	190	0.019				
	Oeste	Residencial	1228	0.123	2353	0.235		
		Pavimento	865	0.087				
		Área verde	260	0.026				

A.3 Distribución de áreas por sector para las parcela I, J, K y L según el uso del suelo.

Parcela	Sector	Tipo de cobertura del suelo	Área parcial		Área total del sector		Área total de la parcela	
			(m <sup>2</sup> )	(ha)	(m <sup>2</sup> )	(ha)	(m <sup>2</sup> )	(ha)
I	Norte	Residencial	0	0.000	1700	0.170	7440	0.74
		Pavimento	915	0.092				
		Área verde	785	0.079				
	Este	Residencial	1375	0.138	2020	0.202		
		Pavimento	525	0.053				
		Área verde	120	0.012				
	Sur	Residencial	1065	0.107	1700	0.170		
		Pavimento	505	0.051				
		Área verde	130	0.013				
	Oeste	Residencial	815	0.082	2020	0.202		
		Pavimento	1020	0.102				
		Área verde	185	0.019				
J	Norte	Residencial	0	0.000	2306	0.231	8006	0.8
		Pavimento	1120	0.112				
		Área verde	1186	0.119				
	Este	Residencial	0	0.000	1697	0.170		
		Pavimento	935	0.094				
		Área verde	762	0.076				
	Sur	Residencial	1221	0.122	2306	0.231		
		Pavimento	765	0.077				
		Área verde	320	0.032				
	Oeste	Residencial	150	0.015	1697	0.170		
		Pavimento	825	0.083				
		Área verde	722	0.072				
K	Norte	Residencial	0	0.000	737	0.074	10500	1.05
		Pavimento	370	0.037				
		Área verde	367	0.037				
	Este	Residencial	2860	0.286	4035	0.404		
		Pavimento	950	0.095				
		Área verde	225	0.023				
	Sur	Residencial	1133	0.113	1703	0.170		
		Pavimento	390	0.039				
		Área verde	180	0.018				
	Oeste	Residencial	2840	0.284	4025	0.403		
		Pavimento	930	0.093				
		Área verde	255	0.026				
L	Norte	Residencial	0	0.000	1541	0.154	11961	1.2
		Pavimento	760	0.076				
		Área verde	781	0.078				
	Este	Residencial	2247	0.225	4417	0.442		
		Pavimento	1720	0.172				
		Área verde	450	0.045				
	Sur	Residencial	951	0.095	1586	0.159		
		Pavimento	410	0.041				
		Área verde	225	0.023				
	Oeste	Residencial	2732	0.273	4417	0.442		
		Pavimento	1465	0.147				
		Área verde	220	0.022				

**APÉNDICE B**  
**ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA**  
**PONDERADO**

## B.1 Coeficiente de escorrentía ponderado de los sectores de las parcelas A, B, C y D.

Parcela	Sector	Tipo de cobertura del suelo	Área parcial		Área total del sector		Ce	Ce pond
			(m <sup>2</sup> )	(ha)	(m <sup>2</sup> )	(ha)		
A	Norte	Residencial	0.00	0.000	5932.00	0.593	0.70	0.347
		Pavimento	1450.00	0.145			0.80	
		Área verde	4482.00	0.448			0.20	
	Este	Residencial	0.00	0.000	13811.00	1.381	0.70	0.294
		Pavimento	2170.00	0.217			0.80	
		Área verde	#####	1.164			0.20	
	Sur	Residencial	0.00	0.000	7620.00	0.762	0.70	0.331
		Pavimento	1660.00	0.166			0.80	
		Área verde	5960.00	0.596			0.20	
	Oeste	Residencial	0.00	0.000	10811.00	1.081	0.70	0.320
		Pavimento	2170.00	0.217			0.80	
		Área verde	8641.00	0.864			0.20	
B	Norte	Residencial	1250.00	0.125	3095.00	0.310	0.70	0.517
		Pavimento	595.00	0.060			0.80	
		Área verde	1250.00	0.125			0.20	
	Este	Residencial	2089.00	0.209	3114.00	0.311	0.70	0.646
		Pavimento	575.00	0.058			0.80	
		Área verde	450.00	0.045			0.20	
	Sur	Residencial	865.00	0.087	3095.00	0.310	0.70	0.685
		Pavimento	1780.00	0.178			0.80	
		Área verde	450.00	0.045			0.20	
	Oeste	Residencial	1263.00	0.126	3113.00	0.311	0.70	0.682
		Pavimento	1450.00	0.145			0.80	
		Área verde	400.00	0.040			0.20	
C	Norte	Residencial	1800.00	0.180	5899.00	0.590	0.70	0.653
		Pavimento	2950.00	0.295			0.80	
		Área verde	1149.00	0.115			0.20	
	Este	Residencial	2240.00	0.224	3470.00	0.347	0.70	0.670
		Pavimento	850.00	0.085			0.80	
		Área verde	380.00	0.038			0.20	
	Sur	Residencial	3328.00	0.333	5898.00	0.590	0.70	0.667
		Pavimento	1820.00	0.182			0.80	
		Área verde	750.00	0.075			0.20	
	Oeste	Residencial	868.00	0.087	3470.00	0.347	0.70	0.732
		Pavimento	2352.00	0.235			0.80	
		Área verde	250.00	0.025			0.20	
D	Norte	Residencial	0.00	0.000	6090.00	0.609	0.70	0.378
		Pavimento	1810.00	0.181			0.80	
		Área verde	4280.00	0.428			0.20	
	Este	Residencial	0.00	0.000	2707.00	0.271	0.70	0.415
		Pavimento	970.00	0.097			0.80	
		Área verde	1737.00	0.174			0.20	
	Sur	Residencial	0.00	0.000	6091.00	0.609	0.70	0.378
		Pavimento	1810.00	0.181			0.80	
		Área verde	4281.00	0.428			0.20	
	Oeste	Residencial	0.00	0.000	2707.00	0.271	0.70	0.307
		Pavimento	485.00	0.049			0.80	
		Área verde	2222.00	0.222			0.20	

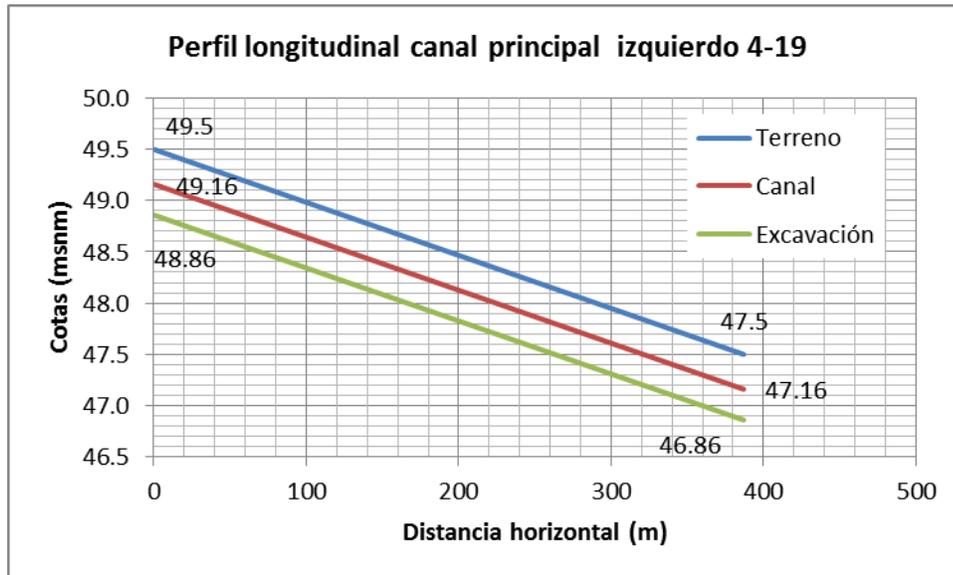
## B.2 Coeficiente de escorrentía ponderado de los sectores de las parcelas E, F, G y H.

Parcela	Sector	Tipo de cobertura del suelo	Área parcial		Área total del sector		Ce	Ce pond
			(m <sup>2</sup> )	(ha)	(m <sup>2</sup> )	(ha)		
E	Norte	Residencial	6342	0.634	7877	0.788	0.70	0.693
		Pavimento	1185	0.119			0.80	
		Área verde	350	0.035			0.20	
	Este	Residencial	1713	0.171	3223	0.322	0.70	0.663
		Pavimento	1060	0.106			0.80	
		Área verde	450	0.045			0.20	
	Sur	Residencial	4665	0.467	7875	0.788	0.70	0.657
		Pavimento	2110	0.211			0.80	
		Área verde	1100	0.110			0.20	
	Oeste	Residencial	150	0.015	1112	0.111	0.70	0.470
		Pavimento	375	0.038			0.80	
		Área verde	587	0.059			0.20	
F	Norte	Residencial	1629	0.163	2234	0.223	0.70	0.692
		Pavimento	475	0.048			0.80	
		Área verde	130	0.013			0.20	
	Este	Residencial	1557	0.156	2592	0.259	0.70	0.674
		Pavimento	750	0.075			0.80	
		Área verde	285	0.029			0.20	
	Sur	Residencial	1649	0.165	2234	0.223	0.70	0.678
		Pavimento	405	0.041			0.80	
		Área verde	180	0.018			0.20	
	Oeste	Residencial	1792	0.179	2592	0.259	0.70	0.672
		Pavimento	545	0.055			0.80	
		Área verde	255	0.026			0.20	
G	Norte	Residencial	0	0.000	2200	0.220	0.70	0.492
		Pavimento	1070	0.107			0.80	
		Área verde	1130	0.113			0.20	
	Este	Residencial	416	0.042	1662	0.166	0.70	0.493
		Pavimento	465	0.047			0.80	
		Área verde	781	0.078			0.20	
	Sur	Residencial	683	0.068	1295	0.130	0.70	0.678
		Pavimento	462	0.046			0.80	
		Área verde	150	0.015			0.20	
	Oeste	Residencial	531	0.053	1662	0.166	0.70	0.481
		Pavimento	335	0.034			0.80	
		Área verde	796	0.080			0.20	
H	Norte	Residencial	625	0.063	1595	0.160	0.70	0.704
		Pavimento	820	0.082			0.80	
		Área verde	150	0.015			0.20	
	Este	Residencial	1624	0.162	2354	0.235	0.70	0.700
		Pavimento	610	0.061			0.80	
		Área verde	120	0.012			0.20	
	Sur	Residencial	975	0.098	1595	0.160	0.70	0.667
		Pavimento	430	0.043			0.80	
		Área verde	190	0.019			0.20	
	Oeste	Residencial	1228	0.123	2353	0.235	0.70	0.682
		Pavimento	865	0.087			0.80	
		Área verde	260	0.026			0.20	

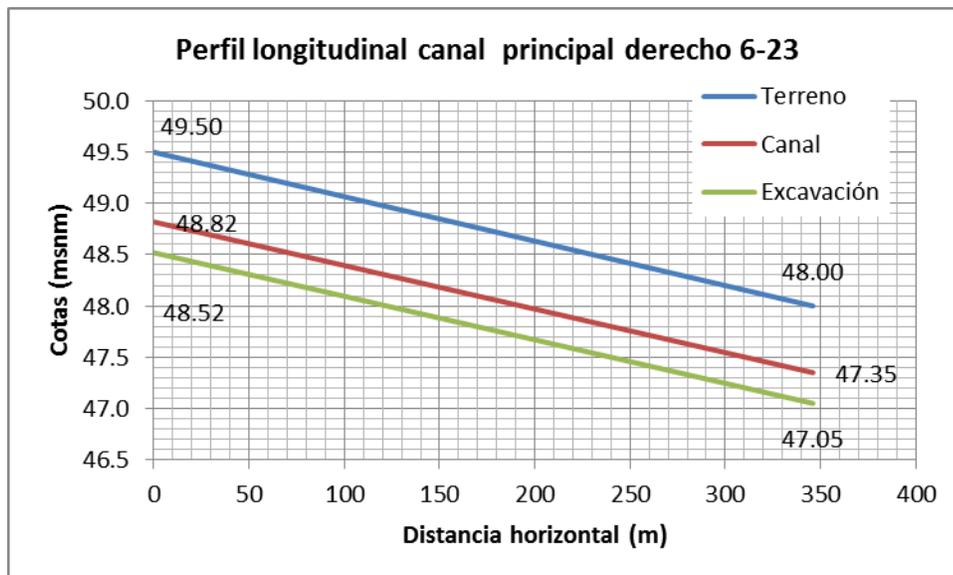
## B.3 Coeficiente de escorrentía ponderado de los sectores de las parcelas I, J, K y L

Parcela	Sector	Tipo de cobertura del suelo	Área parcial		Área total del sector		Ce	Ce pond
			(m <sup>2</sup> )	(ha)	(m <sup>2</sup> )	(ha)		
I	Norte	Residencial	0	0.000	1700	0.170	0.70	0.523
		Pavimento	915	0.092			0.80	
		Área verde	785	0.079			0.20	
	Este	Residencial	1375	0.138	2020	0.202	0.70	0.696
		Pavimento	525	0.053			0.80	
		Área verde	120	0.012			0.20	
	Sur	Residencial	1065	0.107	1700	0.170	0.70	0.691
		Pavimento	505	0.051			0.80	
		Área verde	130	0.013			0.20	
	Oeste	Residencial	815	0.082	2020	0.202	0.70	0.705
		Pavimento	1020	0.102			0.80	
		Área verde	185	0.019			0.20	
J	Norte	Residencial	0	0.000	2306	0.231	0.70	0.491
		Pavimento	1120	0.112			0.80	
		Área verde	1186	0.119			0.20	
	Este	Residencial	0	0.000	1697	0.170	0.70	0.531
		Pavimento	935	0.094			0.80	
		Área verde	762	0.076			0.20	
	Sur	Residencial	1221	0.122	2306	0.231	0.70	0.664
		Pavimento	765	0.077			0.80	
		Área verde	320	0.032			0.20	
	Oeste	Residencial	150	0.015	1697	0.170	0.70	0.536
		Pavimento	825	0.083			0.80	
		Área verde	722	0.072			0.20	
K	Norte	Residencial	0	0.000	737	0.074	0.70	0.501
		Pavimento	370	0.037			0.80	
		Área verde	367	0.037			0.20	
	Este	Residencial	2860	0.286	4035	0.404	0.70	0.696
		Pavimento	950	0.095			0.80	
		Área verde	225	0.023			0.20	
	Sur	Residencial	1133	0.113	1703	0.170	0.70	0.670
		Pavimento	390	0.039			0.80	
		Área verde	180	0.018			0.20	
	Oeste	Residencial	2840	0.284	4025	0.403	0.70	0.691
		Pavimento	930	0.093			0.80	
		Área verde	255	0.026			0.20	
L	Norte	Residencial	0	0.000	1541	0.154	0.70	0.496
		Pavimento	760	0.076			0.80	
		Área verde	781	0.078			0.20	
	Este	Residencial	2247	0.225	4417	0.442	0.70	0.688
		Pavimento	1720	0.172			0.80	
		Área verde	450	0.045			0.20	
	Sur	Residencial	951	0.095	1586	0.159	0.70	0.655
		Pavimento	410	0.041			0.80	
		Área verde	225	0.023			0.20	
	Oeste	Residencial	2732	0.273	4417	0.442	0.70	0.708
		Pavimento	1465	0.147			0.80	
		Área verde	220	0.022			0.20	

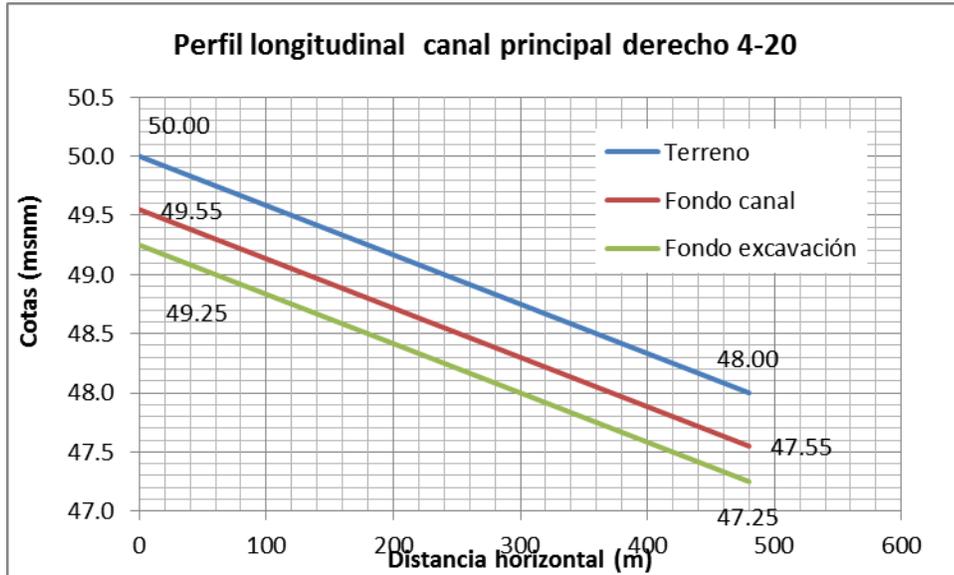
**APÉNDICE C**  
**PERFILES LONGITUDINALES DE CANALES**



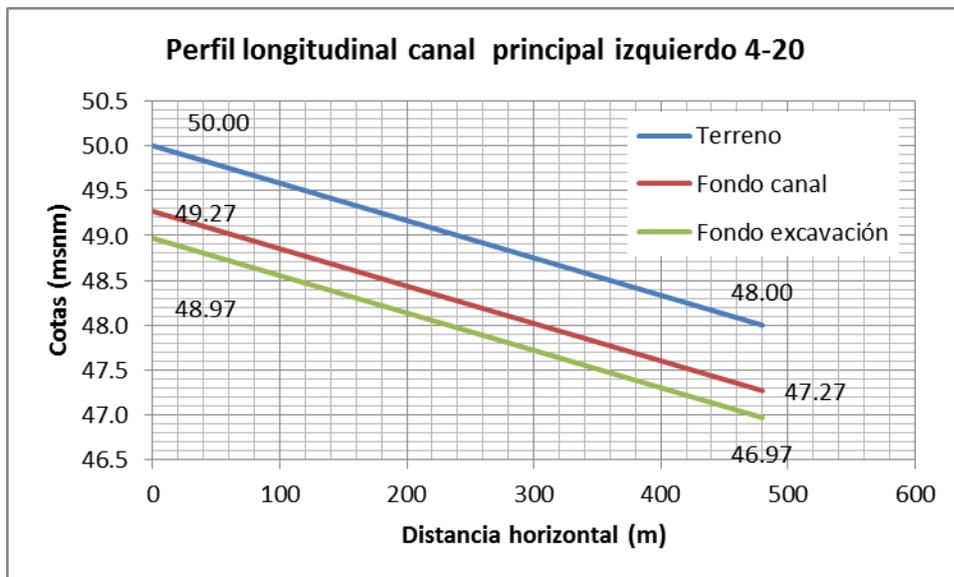
C.1 Perfil longitudinal del canal principal izquierdo 4-19.



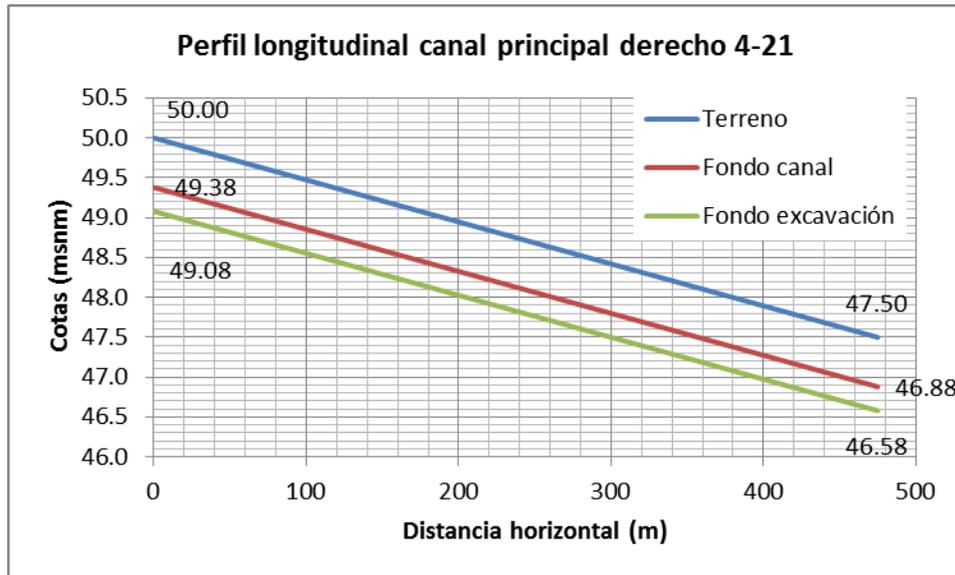
C.2 Perfil longitudinal del canal principal derecho 6-23.



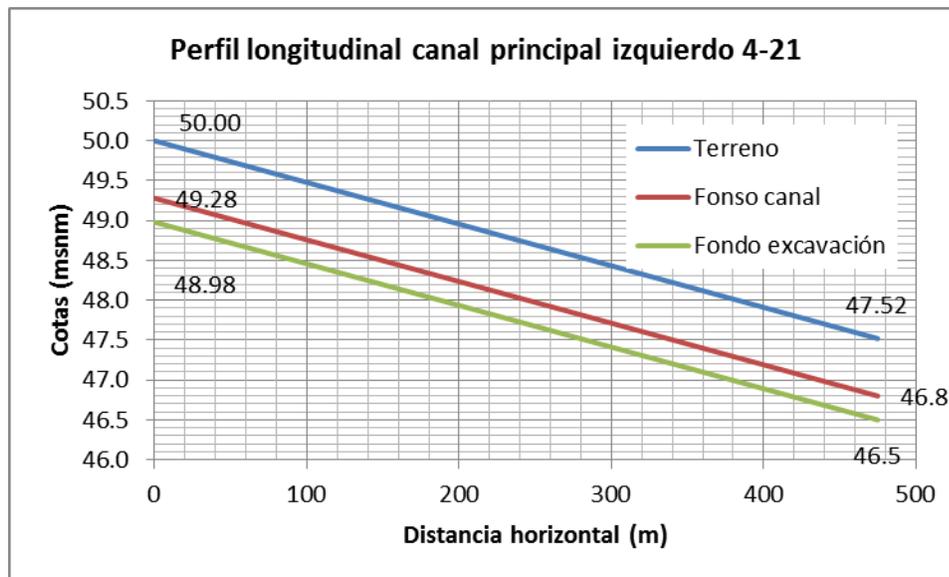
C.3 Perfil longitudinal del canal principal izquierdo 4-20.



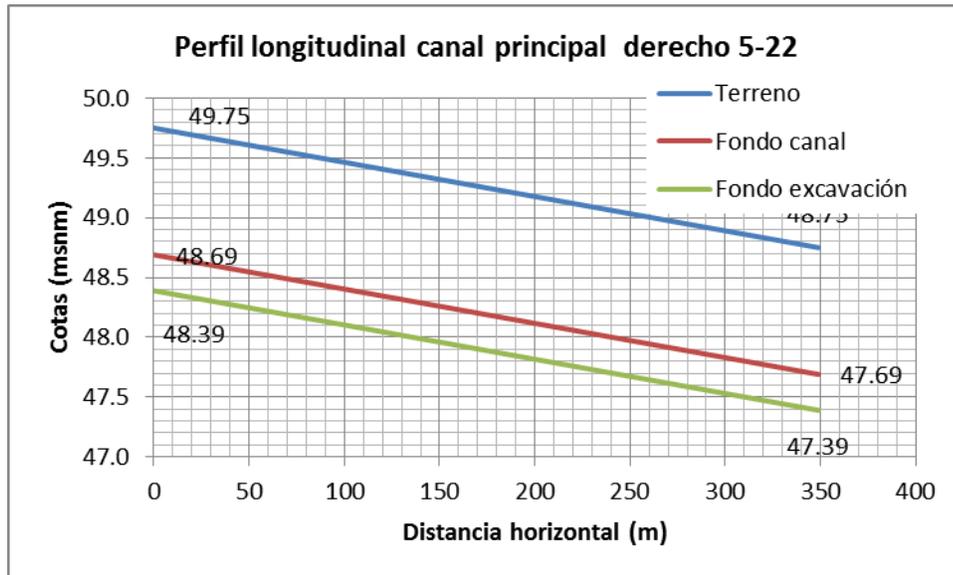
C.4 Perfil longitudinal del canal principal izquierdo 4-20



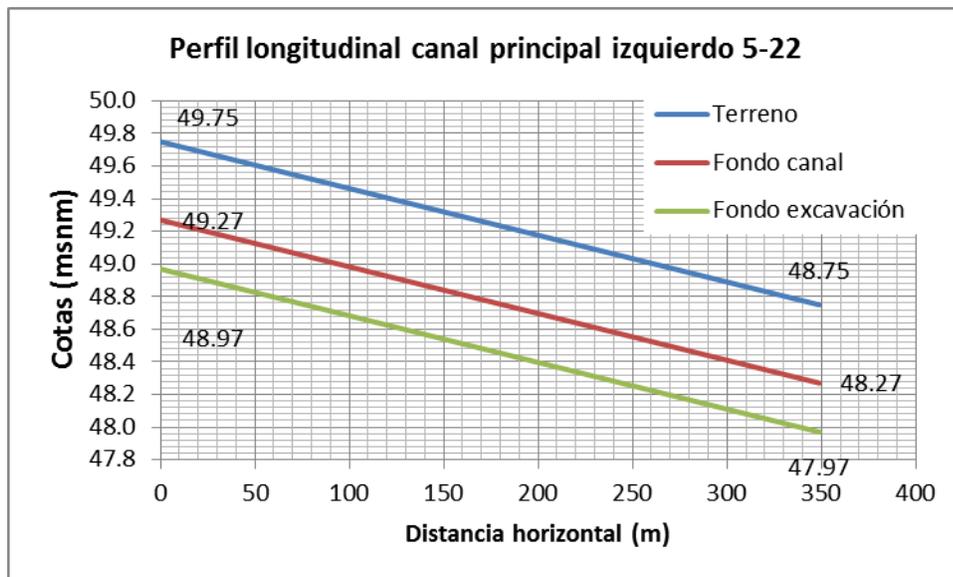
C.5 Perfil longitudinal del canal principal derecho 4-21.



C.6 Perfil longitudinal del canal principal izquierdo 4-21.



C.7 Perfil longitudinal del canal principal derecho 5-22.



C.8 Perfil longitudinal del canal principal izquierdo 5-22.

<b>Título</b>	<b>MODELAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS FLUJOS SUPERFICIALES QUE SE PRODUCIRÁN EN LOS CANALES ABIERTOS PROPUESTOS DEL SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES DEL CONJUNTO URBANÍSTICO “NUEVA BETANIA” (P-III), PARIAGUÁN, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA</b>
<b>Subtítulo</b>	

**Autor(es)**

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
<b>Betancourt Barrios, Régulo Rafael</b>	<b>CVLAC</b>	<b>18.943.320</b>
	<b>e-mail</b>	Regulobetancourt47@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
<b>Rodríguez Becerra, Grubar José</b>	<b>CVLAC</b>	<b>20.078.954</b>
	<b>e-mail</b>	rodriguezgrubar@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

**Palabras o frases claves:**

Sistema de drenaje
Canales
Aguas pluviales
Drenaje urbano
Pariaguán

**Líneas y sublíneas de investigación:**

Área	Subárea
Obras Hidráulicas	Drenaje aguas pluviales

**Resumen (abstract):**

---

En la presente investigación se elabora una propuesta de sistema drenaje superficial para la conducción de aguas pluviales para el conjunto urbanístico “Nueva Betania” en la población de Pariaguán, estado Anzoátegui. Para llevarla a cabo se clasificó la investigación como un proyecto factible, apoyada en una estrategia o diseño de investigación de campo y documental, para la cual fue necesario disponer de la información hidrológica y topográfica con la finalidad de diseñar una serie de canales ubicados estratégicamente en la extensión de la zona de estudio, determinando las características de los flujos que en ellos se produciría. Entre esas características se destacan los caudales que habrían de conducir, los cuales se determinarían a través del método racional. Asimismo, el procedimiento utilizado para el diseño de las secciones de canales se basó en un procedimiento iterativo de la aplicación de la ecuación de Manning hasta obtener dimensiones acordes definiendo así los parámetros geométricos e hidráulicos pertinentes y se esquematiza cada uno de los perfiles longitudinales así como de las secciones transversales garantizando que cumplan con las características y exigencias requeridas, logrando así que tengan un desempeño óptimo. En la propuesta se procuró, elaborar un diseño bajo en costos, por lo que se trató de elegir las pendientes más acordes al terreno para no incurrir en gastos innecesarios en cuanto a excavación o rellenos se refiere. Las conclusiones derivadas posterior a la obtención de los resultados nos reflejan las características principales de la zona de estudio, destacando que presenta un régimen pluviométrico unimodal, un promedio anual de evaporación elevado y una condición de isoterminia definida por la región y temperatura; por último se puede señalar que el sistema de drenaje planteado tiene la capacidad de captar en las 16.93 ha del área de estudio (constituida por cinco (5) subcuencas) y transportar un total de 6.17 m<sup>3</sup>/s a través de ocho (8) canales colectores principales con alineación aproximada y sentido de flujo de norte a sur y diecinueve (19) canales colectores secundarios trazados transversalmente a los principales. Todos los canales serán de sección transversal rectangular, revestidos de concreto (n= 0.016) y con un ancho de solera entre 0.30 m y 1.00 m.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail									
Echeverría, Dafnis	ROL	<input type="checkbox"/>	A	<input type="checkbox"/>	T	<input checked="" type="checkbox"/>	J	<input type="checkbox"/>		
	CVLAC	4.506.408								
	e-mail	dafnisecheverriado@gmail.com								
	e-mail									
Monteverde, Francisco	ROL	CA	<input type="checkbox"/>	A	<input type="checkbox"/>	T	<input type="checkbox"/>	J	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	CVLAC	12.192.676								
	e-mail	monteverdefr@gmail.com								
	e-mail									
Echeverría, Beatriz	ROL	CA		A		T		J	X	
	CVLAC	21.013.748								
	e-mail	beitacaro@gmail.com								
	e-mail									

Contribuidores:

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2022	06	

Lenguaje Spa

**Archivo(s):**

<b>Nombre de archivo</b>
<b>Modelamiento características de flujos en canales de drenaje de urb Nueva Betania_ Pariaguán_ Anzoátegui. _Venezuela.</b>

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **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 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 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 \_ - .**

**Alcance:**

**Espacial:** Pariaguán, Municipio Francisco de Miranda, Estado Anzoátegui, Venezuela

**Temporal:** 2022

**Título o Grado asociado con el trabajo:**

Ingeniero Civil

**Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado**

Pregrado

**Área de Estudio:**

Ingeniería Civil

**Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:**

Universidad de Oriente



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Letido el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA  
RECIBIDO POR *Martínez*  
FECHA 05/08/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

*Juan A. Bolanos Curvelo*  
JUAN A. BOLANOS CURVELO  
Secretario



C.C.: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) :** "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."

---

**Autor**  
**Régulo R. Betancourt B.**  
**C.I. No: 18.943.320**

---

**Autor**  
**Grubar J. Rodríguez B.**  
**C.I. No: 20.078.954**

---

**TUTOR**  
**Dafnis J. Echeverría D.**  
**C.I. No: 4.506.408**