

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



**CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA Y AMBIENTAL DEL
CANAL DE DRENAJE UBICADO EN LA AVENIDA SAN
FRANCISCO DE ASÍS, PARROQUIA VISTA HERMOSA,
CIUDAD BOLÍVAR-MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES JONAS D.
CORDERO Y LUIS A. PÉREZ
PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL**

CIUDAD BOLÍVAR, ABRIL DE 2018



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

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado: **“CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA Y AMBIENTAL DEL CANAL DE DRENAJE UBICADO EN LA AVENIDA SAN FRANCISCO DE ASÍS, PARROQUIA VISTA HERMOSA, CIUDAD BOLÍVAR-MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR”** presentado por los bachilleres: **JONAS D. CORDERO R.** cédula de Identidad N° **V-21.263.143** y **LUIS A. PÉREZ Y.** cédula de Identidad N° **V-20.774.388** como requisito para optar al título de **INGENIERO CIVIL**, ha sido **APROBADO** de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre y apellido:

Firma

Prof. Josefina Jiménez

(Asesor)

Prof. Giovanni Grieco

(Jurado)

Prof. Edgar Márquez

(Jurado)

Prof. Pedro Gamboa
Jefe de Dpto. de Ing. Civil

Prof. Francisco Monteverde
Director de Esc. de Ciencias de la Tierra

Ciudad Bolívar, Abril de 2018

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado en primer lugar a Dios por permitirme haber culminado mi Carrera profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre. A mi hija que es mi principal motivo para siempre seguir adelante. A mis hermanos que siempre me han brindado su cariño y protección. A todos esos amigos que me han acompañado a lo largo de mi vida.

Jonas Cordero

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza e inteligencia para superar todas las dificultades que se me presentaron en este largo camino.

A mi madre Carmen Narváez, por brindarme todo su amor y cariño para concretar este lindo proyecto.

A mis hermanos, por contar con su tiempo y apoyo en cada etapa de esta carrera.

Luis Alexander Pérez

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias a nuestra casa de estudio, por formarnos como excelentes y destacados profesionales.

A nuestra profesora Josefina Jiménez, por su orientación y apoyo fundamental.

Finalmente quiero agradecer a todo el personal de nuestra casa de estudio, porque a pesar de la situación por la que atravesamos todos los venezolanos y principalmente estudiantes, siguen dando lo mejor de si, para brindarnos una excelente formación académica.

Jonas Cordero

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por protegerme de la delincuencia que vive dentro y alrededor de nuestra casa de estudio.

A la Universidad de Oriente, por brindarme sus espacios (a pesar de la mala situación de estos) para alcanzar paso a paso mi meta. A todos los profesores de esta carrera por compartir sus conocimientos.

Gracias a mi querida asesora y súper profesora Josefina Jiménez, por su tiempo, dedicación y cariño para desarrollar este gran proyecto.

Y por supuesto a mis amigos Nai, Joryi, Luis, Maria, Rosneida, Amanda y Daniel por contar siempre con su apoyo (salvavidas) y sobretodo paciencia a lo largo de este tiempo.

Luis Alexander Pérez

RESUMEN

El presente trabajo de grado plantea y desarrolla una caracterización hidráulica y ambiental del canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís, parroquia Vista Hermosa, Ciudad Bolívar-municipio Heres, estado Bolívar. El proyecto corresponde metodológicamente al tipo de investigación descriptiva con un diseño de campo y documental, realizada por medio de las técnicas de recolección de datos como: revisión bibliográfica, observación directa, entrevista no estructurada y consultas académicas. En cuanto a los resultados obtenidos se pueden resaltar: El diagnóstico de la situación actual se debe al grado de contaminación ambiental existente en el canal debido a la acumulación de aguas servidas, de desechos sólidos y orgánicos provenientes de las viviendas y de los vendedores informales establecidos en las aceras, y a la existencia de la cobertura de maleza vegetal; en la determinación de los parámetros hidráulicos del canal correspondiente al tramo de una (1) sección trapezoidal, se tiene las características geométricas como: área (A) de 0,6 m²; perímetro mojado (Pm) de 2,4 m; radio hidráulico (Rh) de 0,25 m; y ancho superficial (T) de 0,9 m, permitiendo obtener el caudal máximo de 0,28 m³/seg asociado al flujo de agua desplazado; en cuanto a la descripción del impacto ambiental en el canal, permitió identificar los componentes físicos, bióticos y socio-económicos asociados a los factores ambientales; entre las normas hidráulicas, urbanas y ambientales estudiadas se tienen el Manual de Drenaje para el diseño de canales de aguas pluviales, la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística para la ordenación del desarrollo urbanístico en todo el país, y la Ley Orgánica del Ambiente para poner en práctica la gestión ambiental. Finalmente se tiene las recomendaciones que permiten mejorar las condiciones y ejecutar las labores de limpieza en el canal de drenaje, cumpliendo estrictamente con las normativas ambientales existentes, asegurando la salud tanto de los habitantes de la urbanización Vista Hermosa I como de los vendedores informales establecidos en las aceras de la avenida San Francisco de Asís.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR	4
1.1 Situación objeto de estudio	4
1.2 Objetivos de la investigación	7
1.2.1 Objetivo general	7
1.2.2 Objetivos específicos	7
1.3 Justificación de la investigación.....	8
1.4 Alcance de la investigación.....	8
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	10
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	10
2.1.1 Parroquia Vista Hermosa	11
2.1.2 Ubicación del canal de drenaje	11
2.2 Acceso al área en estudio	12
2.3 Características físicas y naturales.....	13
2.3.1 Clima	13
2.3.2 Hidrografía	21
2.3.3 Topografía.....	23
2.4 Geología Regional y Local	23
2.4.1 Geología regional	23
2.4.2 Geología local	25
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	27
3.1 Antecedentes del estudio.....	27
3.2 Bases teóricas	29
3.2.1 Sistema de drenaje.....	29

3.2.2 Origen de las aguas en un sistema de drenaje	30
3.2.3 Canales Hidráulicos	31
3.2.4 Canal abierto	31
3.2.5 Secciones hidráulicas óptimas del canal	34
3.2.6 Geometría de canal.....	36
3.2.7 Elementos geométricos de una sección de canal.....	39
3.2.8 Pendientes longitudinal y lateral del canal.....	45
3.2.9 Borde libre (BL)	46
3.2.10 Factores que influyen en la formación de los caudales	49
3.2.11 Método racional	50
3.2.12 Diseño de canales.....	51
3.2.13 Pasos para el diseño de canales revestidos	66
3.2.14 El ambiente.....	71
3.2.15 Factores principales que afectan al medio ambiente.....	71
3.2.16 Consecuencias de la contaminación ambiental	74
3.2.17 Diferentes tipos de contaminantes	76
3.2.18 Origen de la contaminación del agua	77
3.2.19 Efectos de la contaminación del agua	78
3.2.20 Impacto Ambiental.....	79
3.3 Bases legales	80
3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela	80
3.3.2 Ley Orgánica del Ambiente	81
3.3.3 Decreto Extraordinario de la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.453	82
3.4 Definición de términos básicos	86
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO	89
4.1 Tipo de investigación	89
4.2 Diseño de la investigación	90
4.2.1 De campo	90
4.2.2 Documental	90
4.3 Población y muestra de la investigación	91
4.3.1 Población de la investigación.....	91
4.3.2 Muestra de la investigación.....	91
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	92
4.4.1 Técnicas de recolección de datos	92
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos	92
4.5 Flujograma de actividades	94
4.5.1 Fase I. Visita y diagnóstico del área de estudio	94
4.5.2 Fase II. Revisión bibliográfica	95
4.5.3 Fase III. Procesamiento de la información.....	95

4.5.4 Fase IV. Análisis y Presentación de Resultados	95
4.5.5 Etapa V. Elaboración del informe final, conclusiones y recomendaciones	95

CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.. 97

5.1 Diagnóstico de la situación actual del canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís, parroquia Vista Hermosa, Ciudad Bolívar- estado Bolívar	97
5.2 Determinación de los parámetros hidráulicos del canal de drenaje ubicado en el área de estudio	103
5.2.1 Descripción del canal	104
5.2.2 Determinación del caudal máximo	104
5.3 Descripción del impacto ambiental en el área de estudio	105
5.3.1 Contaminación del aire	106
5.3.2 Contaminación sónica	106
5.3.3 Contaminación del suelo	106
5.3.4 Contaminación del agua	107
5.4 Revisión de las normas hidráulicas, urbano, ambiental referente a obra de servicios (drenaje de aguas pluviales)	109
5.4.1 Manual de Drenaje	109
5.4.2 Ley Orgánica de Ordenación Urbanística	110
5.4.3 Ley Orgánica del Ambiente	110
5.5 Recomendaciones para el mejoramiento del canal de drenaje existente.....	111
5.5.1 Área de construcciones residenciales.....	112
5.5.2 Área social.....	115
5.5.3 Área comercial	118
5.5.4 Área informativa	119

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 120

Conclusiones	120
Recomendaciones.....	122

REFERENCIAS 124

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación geográfica del municipio Heres.	10
2.2 Ubicación geográfica del área de estudio (Google Earth, 2017).	12
2.3 Acceso al área de (Google Earth, 2017).	13
2.4 Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).	14
2.5 Distribución temporal de la evaporación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).	15
2.6 Distribución temporal de la temperatura media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).	17
2.7 Distribución temporal de la radiación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).	18
2.8 Distribución temporal de la insolación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).	19
2.9 Distribución temporal de la humedad media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).	20
2.10 Distribución temporal de la velocidad media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).	21
2.11 Mapa de provincias geológicas del estado Bolívar (Mendoza, V., 2005).	24
3.1 Flujo en Conductos (Rodríguez, P. 2013).	31
3.2 Sección Transversal Irregular (Chow, V. 1994).	32
3.3 Canales Artificial de Sección Transversal (Chow, V. 1994).	34
3.4 Borde Libre (Bolinaga, J. 1979).	47
3.5 Espesor de revestimiento (Beltrán, 2004).	56
3.6 Coeficiente de retardo n (Chow, V. 1994).	59
4.1 Flujograma de actividades.	94
5.1 Cobertura vegetal y acumulación de aguas servidas en el canal de drenaje.	98
5.2 Presencia de aguas negras y malezas dentro del canal.	99
5.3 Parte del canal ubicado alrededor de las viviendas.	100
5.4 Parte del canal ubicado al frente de la Panadería Imperial.	101
5.5 Acumulación de la maleza vegetal y aguas negras en el canal.	102

5.6 Viviendas alrededores del canal.	102
5.7 Canal de sección trapezoidal en el área de estudio.	103
5.8 Limpieza del canal de drenaje.	113
5.9 Contenedores para desperdicios de basuras.	114
5.10 Camión del aseo urbano.	115
5.11 Acera ubicada en la avenida San Francisco de Asís.	116
5.12 Poda de árboles de gran tamaño en una avenida.	117
5.13 Quioscos de ventas adecuados para el área de estudio.	119

LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Sección hidráulica óptima (Chow, V. 1994).	35
3.2 Elementos geométricos de las secciones más usuales (Chow, V. 1994).	38
3.3 Profundidad de flujo (y) (Modificado de King 1954).	42
3.4 Pendientes laterales (z), para canales revestidos (Chow, V. 1994).	46
3.5 Pendientes laterales (z), para canales no revestidos (Chow, V. 1994).	46
3.6 Coeficientes de rugosidad de Manning (Valores en negrillas son los generalmente recomendados para el diseño) (Chow, V. 1994).	53
3.7 Velocidades mínimas permisibles (Chow, V. 1994).	57
3.8 Velocidades máximas permisibles (Chow, V. 1994).	58
3.9 Clasificación del grado de retardo para diferentes clases de Vegetación (Chow, V. 1994).	60
3.10 Velocidades Máximas permisibles en canales revestidos con pasto (Chow, V. 1994).	63
3.11 Coeficiente de rugosidad (n de Cowan) (Chow, V. 1994).	64
3.12 Espesores de revestimientos en m (Beltrán, 2004).	67
3.13 Borde libre, tope de recubrimiento de tierra y tope de recubrimiento de concreto (Bolinaga, J. 1979).	69
3.14 Coeficientes de escorrentía según el tipo de superficie (Gaceta Oficial N°5318, Art. 3.15, 1999).	82
3.15 Coeficientes de escorrentía promedios para distintas zonas (Gaceta Oficial N° 5318, Art. 3.16, 1999).	83
3.16 Coeficiente de rugosidad de acuerdo al material (Gaceta OficialN°5318, Art. 3.22, 1999).	83
3.17 Velocidades máximas admisibles según el material de los colectores (Gaceta Oficial N° 5318, Art. 3.24, 1999).	84
5.1 Descripción de los elementos geométricos de las secciones de canales.	104
5.2 Obtención del caudal máximo para los tramos del canal.	105
5.3 Componentes ambientales en el canal de drenaje y sus áreas adyacentes.	108

INTRODUCCIÓN

Existen diversas ramas en el campo de la Ingeniería Civil, como en el caso de la Ingeniería Hidráulica de Canales, la cual consiste en el estudio de los canales hidráulicos de secciones abiertas o cerradas, partiendo de una serie de datos de origen hidrológicos como son los datos pluviométricos. Aunque esta rama también toma en cuenta otros datos como los que relacionan las probabilidades estadísticas, aquellas de origen morfométricos (área, pendiente media del cauce principal, tiempo de concentración y tipo de superficie).

La falta de mantenimiento de los canales de drenaje trae como consecuencia problemas tanto ambientales como la disminución de la operatividad del traslado de aguas pluviales del canal, ocasionando mayores inundaciones en una determinada zona. Un problema ambiental es cualquier alteración que provoca desequilibrio en un ambiente dado afectándolo negativamente, en nuestros días el principal factor de deterioro es la actividad no planificada del ser humano.

En lo que se refiere al estudio de sistemas de drenajes en Ciudad Bolívar-estado Bolívar, existen diversos colectores de aguas pluviales ya sea en forma natural como son los ríos San Rafael, Buena Vista, Santa Bárbara, Cañafístola, Marhuanta, etc., así como aquellos en forma artificial como el canal de Cintura ubicado en la zona Norte, el canal ubicado en la zona Sur en el sector del Valle, el canal situado en el Parque Ruiz Pineda, el canal de la zona Oeste a lo largo de la avenida Bolívar de Los Próceres, entre otros, pero todos estos drenes en forma artificial con una característica en común de que tienen como finalidad escurrir las aguas pluviales hacia los cauces naturales.

Los niveles de acumulación de basura que existen en las calles de nuestra Ciudad Bolívar presentan una grave problemática para sus habitantes debido a que estos desechos contribuyen directa e indirectamente a la degradación inmediata del ambiente contaminando el suelo y el agua, ocasionando las enfermedades, la emanación de olores desagradables y la proliferación de insectos (moscas) que perjudican la salud y el bienestar de las personas.

La presente investigación trata de recopilar toda la información que se tiene del canal de drenaje, debido a que en la actualidad no se tiene suficiente información de estudios realizados en el mismo.

El propósito de esta investigación es la caracterización hidráulica y ambiental del canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís, y de esta manera contribuir con la solución de la problemática ambiental existente en la comunidad de Vista Hermosa I.

La presente investigación está compuesta por cinco (5) capítulos que contemplan la información obtenida durante la misma, y se explican brevemente a continuación:

Capítulo I. Situación a Investigar: el mismo consta del planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la justificación, el alcance y las limitaciones.

Capítulo II. Generalidades: en este capítulo destaca la ubicación geográfica, acceso al área, las características físico naturales, y la geología del área de estudio.

Capítulo III. Marco Teórico: en este capítulo se muestran los antecedentes, las bases teóricas y legales necesarias para el desarrollo del trabajo de investigación.

Capítulo IV. Metodología de Trabajo: en el mismo se expone la metodología que se utilizó para el desarrollo del trabajo, como son el tipo y diseño de la investigación, las técnicas para la recolección de datos, población y muestra.

Capítulo V. Análisis e Interpretación de los Resultados: está conformado por los resultados obtenidos basados en los objetivos planteados.

Finalmente las conclusiones y recomendaciones: aquellas que permiten la comprensión de los resultados obtenidos, así como también las referencias bibliográficas que forman parte de esta investigación.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

El conocimiento ingenieril del funcionamiento de los canales se remonta a varios milenios. En la Antigua Mesopotamia se usaban canales de riego, en el Imperio Romano se abastecían de agua a través de canales construidos sobre inmensos acueductos, en la Antigua Grecia se construyó el canal de Corintio, en el Imperio Inca se construyeron canales en algunos lugares de los Andes que aun funcionan, como en el caso de Cumbemayo, el centro hidráulico más importante de los Andes y es una de las obras hidráulicas más importantes de la época pre-inca.

Cabe destacar que un canal abierto es un conducto para flujo el cual tiene una superficie libre que ocurren a lo largo de calles residenciales y carreteras, canales para irrigación que transportan agua a través de medio continente desde ríos vitales como el Misisipi, Nilo, Rhin, Amarillo, Ganges y Amazonas.

Dichos canales están expuestos a la atmósfera y la superficie terrestre, siendo una interface entre dos fluidos de diferente densidad. En el caso de fluidos en movimiento, este fenómeno es causado generalmente por efectos gravitacionales y la distribución de presiones es generalmente hidrostática, los flujos en canales abiertos son casi siempre turbulentos y no son afectados por la tensión superficial. Sin embargo, son de gran importancia práctica para los proyectos de recursos hidráulicos que contribuyen con el mantenimiento y progreso de la civilización.

En Venezuela, los sistemas de drenajes que se utilizan para controlar el exceso de agua que se acumula en las depresiones topográficas de un terreno tanto en áreas

urbanas como en sectores rurales pueden variar en todo un conjunto, debido a que están constituidos por canales hidráulicos superficiales o cunetas, que pueden estar combinados con sumideros de ventana o de rejilla, los cuales descargan las aguas pluviales hacia la parte subterránea, y a su vez es conducida por medio de colectores o por canales hidráulicos subterráneos.

Muchas veces se observa el deterioro de nuestras vías públicas por efecto de un drenaje pluvial en mal estado y antes de cumplir sus períodos de vida útil, el cual afecta a todas las actividades humanas (económicas, educativas, recreativas, turismo, transporte), debido a que dicho drenaje es el sistema que facilita el traslado del agua proveniente de las precipitaciones. Estos evitan las inundaciones en las ciudades, y cuando este tipo de estructura son deficientes las poblaciones corren un potencial peligro.

La función principal de un sistema de drenaje es retirar las aguas que se acumulan en depresiones topográficas del terreno causando inconvenientes ya sea a la agricultura o en áreas urbanizadas o carreteras. Los canales de drenaje permiten la captación y descargas de aguas acumuladas, ya que el urbanismo creciente y la construcción de carreteras modifican de alguna manera el equilibrio natural. En las zonas urbanas de Ciudad Bolívar se aprecian cada vez las lagunas acumuladas en las calles, debido a las constantes precipitaciones, principalmente en zonas bajas donde no existen drenajes o los existentes son deficientes; de igual manera no funcionan por falta de mantenimiento preventivo por parte de los organismos competentes.

El canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís, desde la Panadería Imperial hasta la Iglesia San Francisco de Asís, se caracteriza por ser de sección trapezoidal, diseñado para captar las aguas provenientes de las lluvias y de las viviendas adyacentes. Sus pendientes están diseñadas para que descargue las aguas

desde la urbanización Vista Hermosa I hasta el canal de drenaje ubicado en el aeropuerto Tomas de Heres, el cual posee una gran capacidad hidráulica.

Dentro del contexto se puede apreciar el deterioro del canal abierto, debido a la acumulación de desechos sólidos y orgánicos, de aguas servidas provenientes de las viviendas adyacentes y por las constantes precipitaciones durante el período de lluvia. El canal se encuentra en mal estado exhibiendo socavación y erosión de sus taludes, cubierto de maleza vegetal y producto del arrastre con las agua de lluvia. También se debe a la falta de actividades de limpieza, mantenimiento y recolección de basuras por parte del aseo urbano, ocasionando el grado de contaminación, la emanación de olores desagradables y la proliferación de enfermedades e insectos (moscas, zancudos) que perjudican la salud y el bienestar de las personas.

De acuerdo a lo planteado anteriormente, se pretende realizar el presente trabajo de investigación para caracterizar hidráulica y ambientalmente el canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís, tomando en cuenta el impacto ambiental ocasionado en el área de estudio. Esto se realizará con el fin de describir el diseño del canal revestido existente y de proponer actividades de saneamiento ambiental en el área de estudio.

Una vez expuestos los aspectos y características de la zona a analizar, surgen algunas interrogantes basadas en la investigación:

1. ¿Cuál es la situación actual del canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís, parroquia Vista Hermosa, Ciudad Bolívar- estado Bolívar?
2. ¿Cuáles son los parámetros hidráulicos del canal de drenaje ubicado en el área de estudio?

3. ¿De qué manera afecta el impacto ambiental producido en el área de estudio?

4. ¿Cuáles son las normas hidráulicas, urbano, ambiental referente a obra de servicios (drenaje de aguas pluviales)?

5. Cuáles son las recomendaciones a seguir para el mejoramiento del canal de drenaje existente?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar hidráulica y ambientalmente el canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís, parroquia Vista Hermosa, Ciudad Bolívar-municipio Heres, estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Diagnosticar la situación actual del canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís, parroquia Vista Hermosa, Ciudad Bolívar- estado Bolívar.

2. Determinar los parámetros hidráulicos del canal de drenaje ubicado en el área de estudio.

3. Describir el impacto ambiental en el área de estudio.

4. Revisar normas hidráulicas, urbano, ambiental referente a obra de servicios (drenaje de aguas pluviales).

5. Establecer recomendaciones para el mejoramiento del canal de drenaje existente.

1.3 Justificación de la investigación

Es primordial y necesario realizar esta investigación que permita dar respuesta a la problemática existente en el canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís, empleando todos los conocimientos adquiridos durante la formación universitaria, con el fin de plantear y resolver situaciones a nivel profesional que cumpla con las necesidades críticas de la población.

Una de las principales razones que motiva la realización de este proyecto, es aportar a la urbanización Vista Hermosa I una solución efectiva, factible y potencialmente definitiva a la problemática existente, siendo sumamente necesario de describir el diseño del canal de drenaje existente a través de sus parámetros hidráulicos obtenidos.

Además se quiere proponer la actividad de saneamiento ambiental en el canal para el embellecimiento urbano, siendo de mayor importancia la caracterización ambiental e hidráulica del canal para el beneficio colectivo de las personas que habitan y transitan en la comunidad adyacente a la estructura, mejorando el uso de los servicios públicos, y procurando un mejor bienestar social y equilibrio medioambiental.

1.4 Alcance de la investigación

El alcance de esta investigación se fundamenta en estudiar y analizar las características hidráulicas y ambientales del canal existente, contribuyendo al desarrollo de propuestas de saneamiento ambiental con el fin buscar soluciones a la

problemática que se presenta en la urbanización Vista Hermosa I, y así proteger y preservar el ecosistema natural.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El municipio Heres forma parte de uno de los 11 municipios que conforman al estado Bolívar. Se encuentra situado hacia la parte Norte de la entidad; tiene una extensión de 5851 Km² y para el 2012 tiene una población de 550.362 habitantes. Éste contiene 9 parroquias de las 37 que conforman a este estado, las cuales son las siguientes: parroquia Agua Salada, parroquia Catedral, parroquia José Antonio Páez, parroquia La Sabanita, parroquia Vista Hermosa, parroquia Orinoco, parroquia Panapana, parroquia Zea y parroquia Marhuanta (Figura 2.1).



Figura 2.1 Ubicación geográfica del municipio Heres.

2.1.1 Parroquia Vista Hermosa

Tiene una extensión aproximada de 31 Km² y cuenta con una población de 63 mil habitantes. Comprende los sectores: Aeropuerto, Angostura, Barrio Blanquita de Pérez, Barrio Unión, Capremco, Carlos Andrés Pérez, Comunidad Democrática, Diecisiete de Diciembre, El Paraíso, Fundación Mendoza, Hueco Lindo, Jobo Liso, La Democracia, La Mariquita, La Trinidad, Negro Primero, Nueva Esperanza, Primero de Mayo, Los Pomelos, Vista Hermosa, sector Mira Bosques, Virgen del Valle, residencias Angosturita, residencias San Rafael, Santa Fe, urbanización Vista Hermosa, urbanización Andrés Eloy Blanco, urbanización Gira Luna, urbanización La Paragua, urbanización Los Pomelos y urbanización Parques del Sur.

Sus límites son por el Norte las avenidas Jesús Soto y República, por el Sur la avenida Perimetral, por el Este por el río Cañafístola y la Quinta División de Infantería, y por el Oeste por el río San Rafael.

2.1.2 Ubicación del canal de drenaje

El canal de drenaje se encuentra ubicado en la avenida San Francisco de Asís, parroquia Vista Hermosa, Ciudad Bolívar (estado Bolívar). Limita al Norte con la Carrera 7 y la panadería Imperial, al Sur con la calle Circunvalación y la iglesia San Francisco de Asís, al Este con la calle Central y al Oeste con la Avenida San Francisco de Asís, con una Latitud de 08°06'35'' y una Longitud de 63°32'18'' (Figura 2.2).



Figura 2.2 Ubicación geográfica del área de estudio (Google Earth, 2017).

2.2 Acceso al área en estudio

La accesibilidad al área de estudio viene siendo desde la avenida Rotaria cruce con la carrera 4 hasta la avenida San Francisco de Asís, específicamente en la panadería Imperial (Figura 2.3).



Figura 2.3 Acceso al área de (Google Earth, 2017).

2.3 Características físicas y naturales

2.3.1 Clima

Según la clasificación climática propuesta por Köpen, el área de estudio presenta clima cálido tropical de Sabana isotérmico (Awgi), caracterizado por un período de lluvia que domina desde Mayo hasta Noviembre; y otro de sequía que domina desde Diciembre hasta Abril. Ambas estaciones sufren variaciones en su régimen.

Basado en la información registrada por la estación meteorológica del Aeropuerto de Ciudad Bolívar para el período climático comprendido desde el año 1.994 hasta el año 2.006, se hace una descripción temporal de los parámetros que definen el clima de la zona.

2.3.1.1 Precipitación

Los promedios de precipitaciones se registraron para la media anual en 82,778 mm. y para el total anual en 1076,115 mm., aproximadamente. La pluviosidad aumenta de Norte a Sur (Corporación Venezolana de Guayana-Técnica Minera C.A., 1.991), presentándose dos períodos: Uno lluvioso, que va desde Mayo hasta Septiembre con Julio como el mes de mayor pluviosidad (197,5 mm); y otro de sequía, que va desde Octubre hasta Abril, siendo los meses de Febrero y Marzo los que registran la pluviosidad más baja del año (16,95 y 17,97 mm respectivamente); mientras que los meses de Abril y Noviembre se comportan como transicionales entre los períodos de sequía y lluvia y viceversa respectivamente.

Adicionalmente se puede observar que el régimen pluviométrico es unimodal; es decir, se registra un sólo máximo de pluviosidad durante el año, el cual ocurre en el mes de Julio (197,5 mm), aunque en los meses de Junio y Agosto (166,8 mm y 141,9 mm) se observa un ligero incremento de las lluvias (Servicio de Meteorología FAV, 2006) (Figura 2.4).

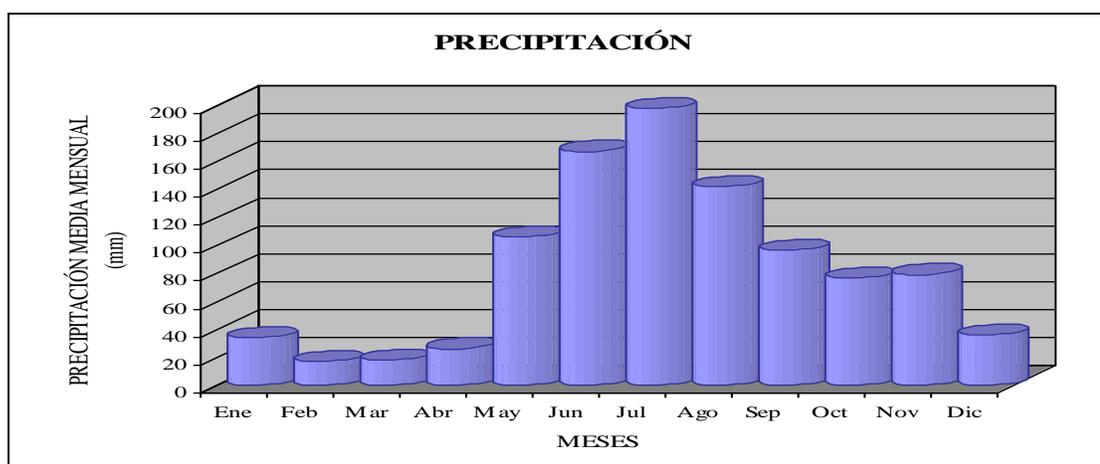


Figura 2.4 Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).

2.3.1.2 Evaporación

El volumen de agua evaporada en Ciudad Bolívar y sus alrededores no se presenta constante a lo largo de todo el año y depende, principalmente, de las diferencias estacionales que presenta, la radiación solar incidente, la temperatura del aire, el vector viento, el contenido de vapor de agua en la atmósfera inmediata y la nubosidad (Corporación Venezolana de Guayana-Técnica Minera C.A., 1.991).

El promedio de la evaporación media anual se ubica en 127,939 mm, mientras que el del total anual oscila alrededor de 1.663,215 mm, para el período en cuestión. Los meses de mayor evaporación van desde Enero hasta Mayo con máximos durante Marzo (174,3 mm) y Abril (175,5 mm) debido a las altas temperaturas, la mayor cantidad de horas de brillo solar, la baja humedad relativa así como también al sensible aumento de la velocidad del viento. La evaporación registra su valor más bajo durante los meses que van desde Junio hasta Diciembre, con mínimos en Junio (87,03 mm) y Julio (86,04 mm) (Servicio de Meteorología FAV, 2.006) (Figura 2.5).

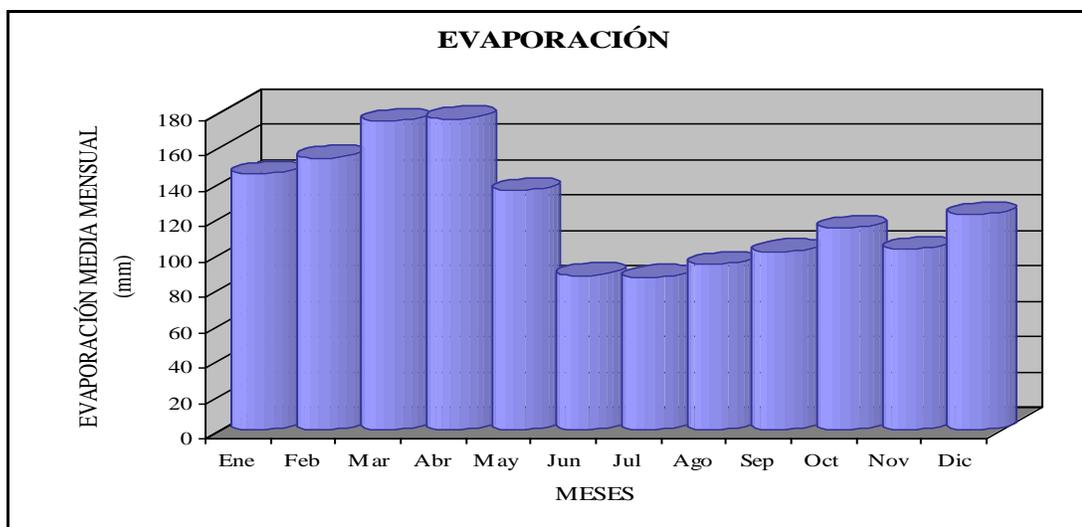


Figura 2.5 Distribución temporal de la evaporación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).

2.3.1.3 Temperatura del aire

La temperatura del aire se clasifica en temperatura media, temperatura media máxima y temperatura media mínima.

❖ Temperatura media: la media anual en el área de estudio es de 27,718 °C y el máximo principal ocurre en el mes de Abril (29,06 °C). Los valores mínimos de temperatura media se registran en los meses de Enero (26,77 °C), Julio (26,97 °C) (Servicio de Meteorología FAV, 2.007).

❖ Temperatura media máxima: los valores más altos de temperatura media máxima mensual se registran en los meses de Marzo (28,18 °C), Abril (29,06 °C), Mayo (28,41 °C). (Servicio de Meteorología FAV, 2.007).

❖ Temperatura media mínimas: las temperaturas más bajas se registran en el lapso comprendido entre los meses de Enero (26,77 °C), y Julio (26,97 °C) con mínimos secundarios en Diciembre (27,1 °C), Febrero (27,12 °C) y Junio (27,28 °C). (Según datos del Servicio de Meteorología FAV, 2.006). Durante el mes de máxima precipitación (Julio) se observa un descenso de la temperatura (26,97 °C), un aumento de la humedad del aire (84,62%) y una disminución de la velocidad del viento (8,869 m/s) (según datos del Servicio de Meteorología FAV, 2.006). Este comportamiento engrana dentro de los procesos termodinámicos de la atmósfera y de la advección de masa de aire con características de la convergencia intertropical (CIT) (Figura 2.6).

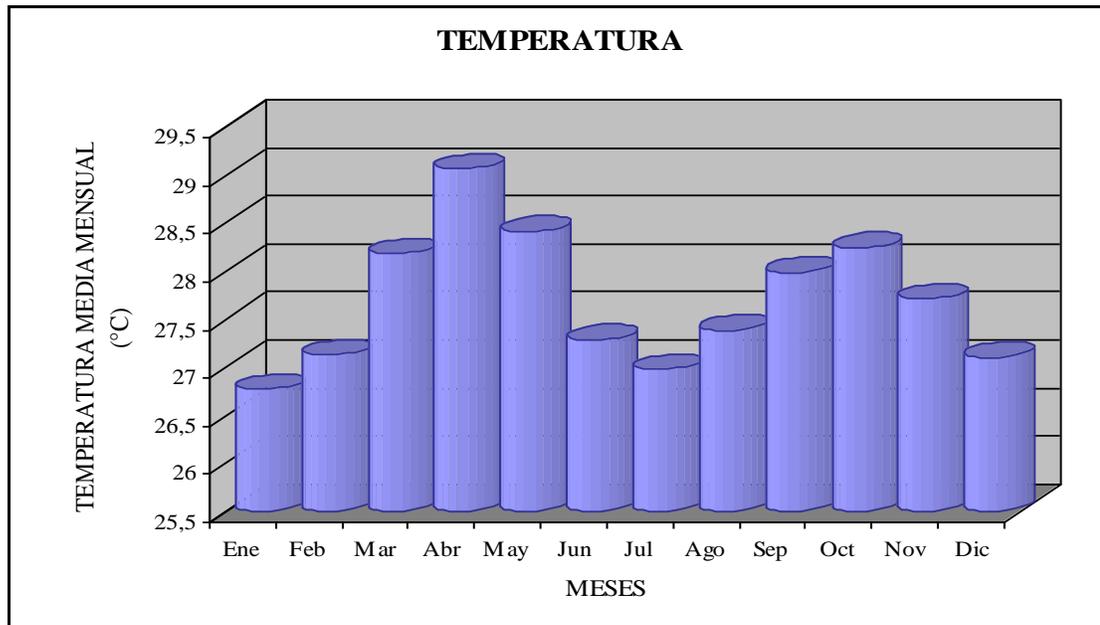


Figura 2.6 Distribución temporal de la temperatura media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).

2.3.1.4 Radiación solar media

El área en estudio recibe una radiación solar promedio anual de 16,538 Cal/min.cm². La radiación solar presenta una distribución bimodal en el año, con valores máximos en Marzo (17,97 Cal/min.cm²), Agosto (17,65 Cal/min.cm²) y Septiembre (17,78 Cal/min.cm²) Los valores mínimos se registran durante Diciembre (14,37 Cal/min.cm²), Enero con 15,18 Cal/min.cm² y Junio con 15,22 Cal/min.cm² (Servicio de Meteorología FAV, 2.006 (Figura 2.7).

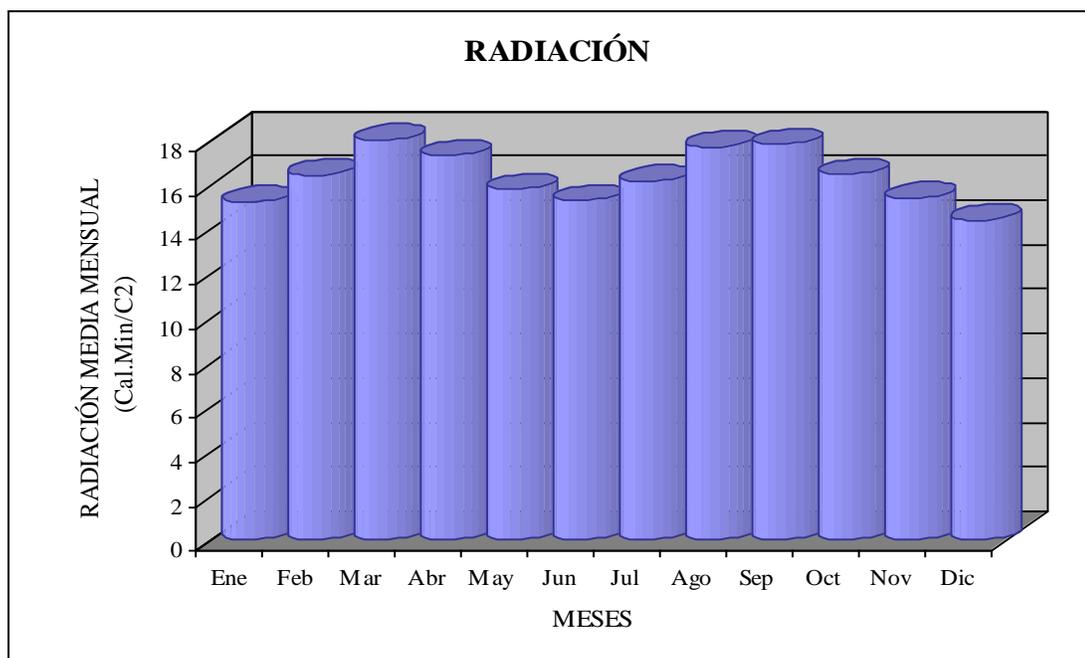


Figura 2.7 Distribución temporal de la radiación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).

2.3.1.5 Insolación solar media

El área de estudio recibe un promedio de brillo solar de 7,483 horas, aproximadamente. Los valores máximos principales de insolación se suceden en los meses de Marzo (8,185 horas), Septiembre (8,023 horas) y Octubre (8,031 horas); mientras que los valores mínimos ocurren en los meses de Junio (6,415 horas) Mayo (6,815 horas) y Julio (6,831 horas), demostrando una alta nubosidad sobre la zona de estudio durante dichos meses (Servicio de Meteorología FAV, 2.006) (Figura 2.8).

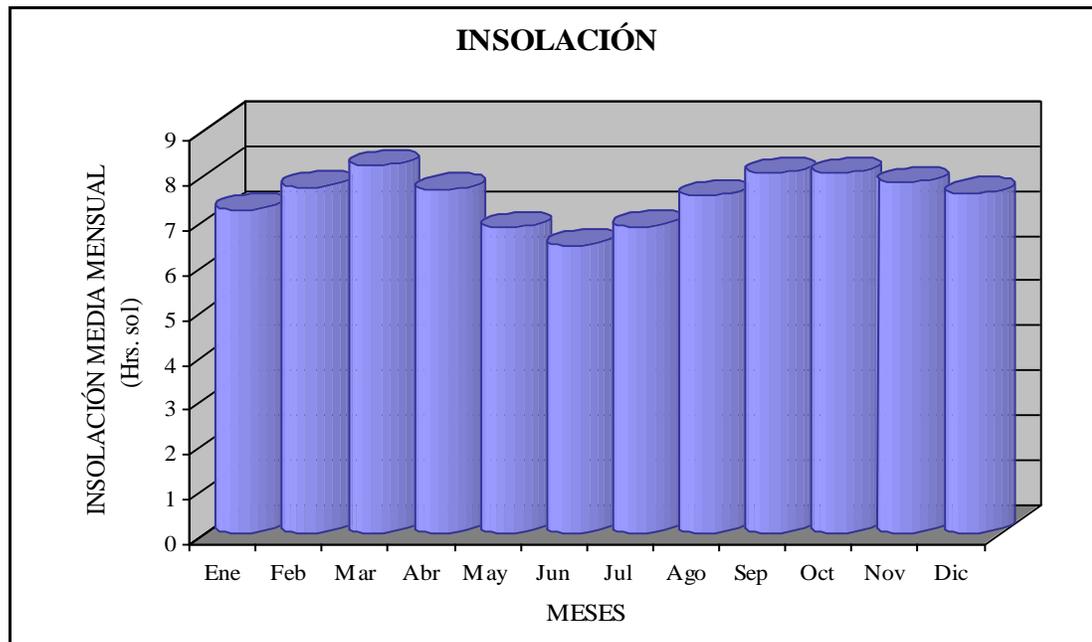


Figura 2.8 Distribución temporal de la insolación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).

2.3.1.6 Humedad relativa media

La media anual se ubica en 79,364%. Los valores máximos de humedad relativa se presentan durante la época de Junio (83,38%), Julio (84,62%) y Agosto (80,46%); mientras que los valores mínimos se alcanzan en la época de Marzo (71,77%) y Abril (71,92%). (Servicio de Meteorología FAV, 2.006) (Figura 2.9).

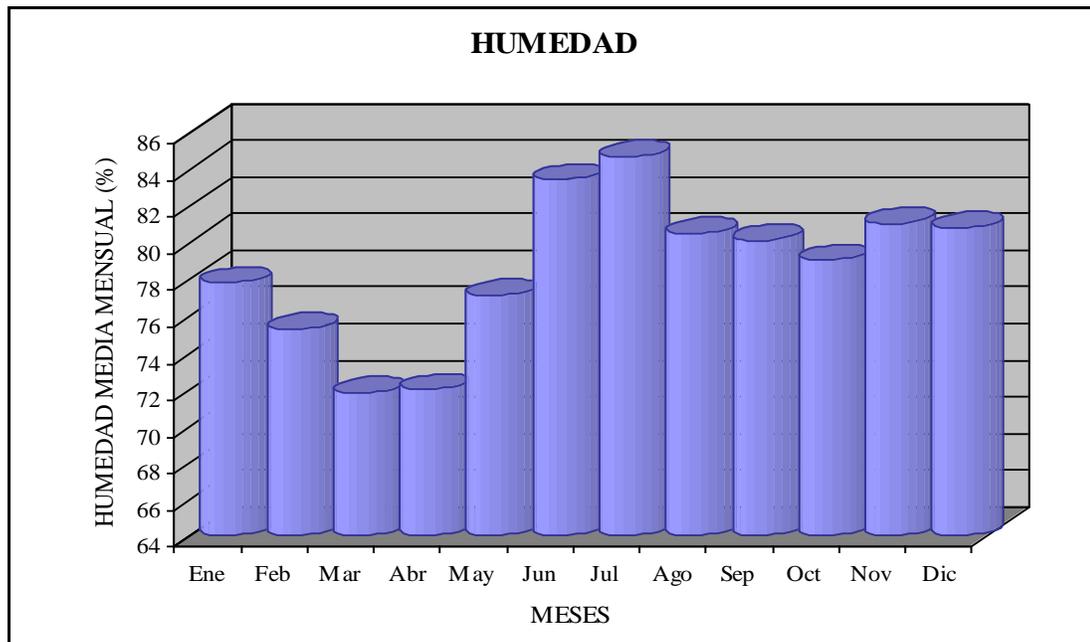


Figura 2.9 Distribución temporal de la humedad media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).

2.3.1.7 Velocidad media del viento

La velocidad media anual predominantes es de 11,761 m/s y su dirección prevaleciente es en sentido Este-Noreste (E-NE). Los vientos tienen un régimen determinado por los vientos alisios, los efectos orográficos locales y la convergencia intertropical (CIT) (Corporación Venezolana de Guayana-Técnica Minera C.A., 1.991).

La velocidad del viento es menor en Julio (8,869 m/s), Agosto (8,003 m/s) y Septiembre (8,494 m/s). La velocidad se hace máxima durante el mes de Marzo (16,26 m/s) (Servicio de Meteorología FAV, 2.006) (Figura 2.10).

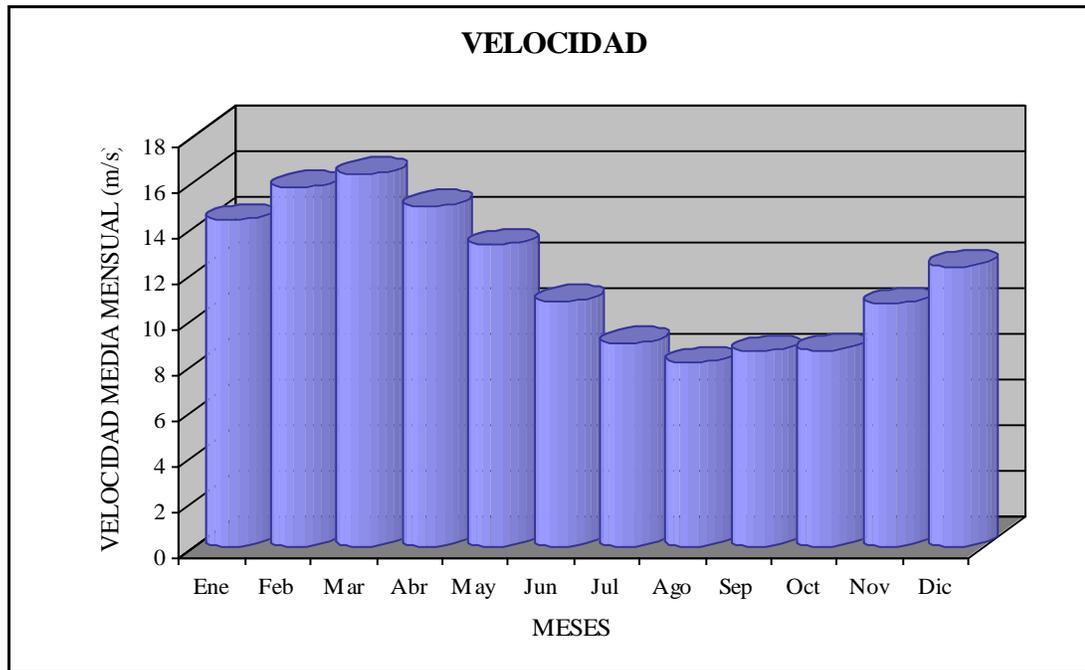


Figura 2.10 Distribución temporal de la velocidad media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).

2.3.2 Hidrografía

El área de estudio está controlada por varias constantes permaneciendo durante todo el año con corrientes continuas, observándose en los períodos de lluvia, crecida de los ríos y en los períodos de sequía el descenso de los mismos.

La red hidrológica de la zona a nivel local está constituida por un sistema activo integrado por cursos de agua permanente, los cuales están integrados por los ríos Orocopiche, Orocopichito, Guanaquén, Marcela y el caño Tirigua, los cuales reciben a su vez un sin número de morichales, cuyo principal colector es el Orinoco.

En la zona también existen cursos de agua de régimen invernal, los cuales son pequeños canales colectores del agua durante la época de lluvias y constituyen un sistema de drenaje impreciso que presenta un grado de erosión activo.

El régimen de estos ríos es de tipo torrencial, caracterizándose por la significativa variación de sus niveles caudales durante el período de lluvias y de sequías.

Cuando el área drenada por estas microcuencas es influida por medianas y grandes precipitaciones, se salen de sus cauces y arrastran material de diferente composición y granulometría, los cuales en su mayoría son depositados en el río Orinoco.

Según el mapa de drenaje del área urbana de Ciudad Bolívar la red hidrológica está constituida por un sistema activo integrado por los ríos Santa Barbará, San Rafael, Buena Vista y diversas quebradas, teniendo como principal colector de las cuencas al río Orinoco.

El drenaje es de tipo dendrítico o enrejado que tiene como característica principal una ramificación de sus afluentes en diferentes direcciones, formando una variedad de ángulos. El régimen de los ríos es de tipo torrencial, caracterizándose por la variación de sus niveles durante los períodos de lluvias.

Las quebradas principales presentan un régimen de lluvia, actuando como colectores de agua durante la referida época, y presentan un grado de erosión activo.

El período de lluvia ocurre en los meses de Mayo a Octubre, la gran diferencia de precipitación que existe entre los meses restantes del año, trae como consecuencia una sobresaturación de aguas en los suelos o una sequía total de estos.

2.3.3 Topografía

Topográficamente, en Ciudad Bolívar las mesetas presentan dos niveles, lo que sugiere que el levantamiento de la región ha sido objeto de alguna pausa. En el medio físico de esta ciudad también hay rellenos del Holoceno, justo a orillas del Orinoco.

El casco antiguo de dicha población se ha erigido sobre una elevación conformada por rocas metamórficas del complejo de Imataca (Precámbrico). Estas lomas estuvieron seguramente sepultadas por los sedimentos de Mesa durante el Pleistoceno.

2.4 Geología Regional y Local

2.4.1 Geología regional

En el área de Ciudad Bolívar se distinguen tres unidades litoestratigráficas que comprenden: La Provincia de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos Recientes.

El Escudo de Guayana se localiza al Sur del río Orinoco y ocupa aproximadamente el 50% de la superficie de Venezuela, con rocas tan antiguas como 3.41 Ga (granulitas y charnockitas del complejo Imataca) y tan jóvenes como 0.711 Ga (kimberlitas eclogíticas de Guaniamo). En particular, el Escudo de Guayana, se compone de las siguientes Provincias Geológicas: Imataca, Pastora, Cuchivero y

Roraima; los cuales forman parte del Cratón Amazónico del Precámbrico de Sur América, que se extiende por el Norte de Brasil, las Guayanas, remanentes Precámbricos de Colombia y de Bolivia; los cuales estaban unidos a África Occidental hasta la ruptura de la Pangea, hace unos 200 Ma (Mendoza, V. 2005) (Figura 2.11).

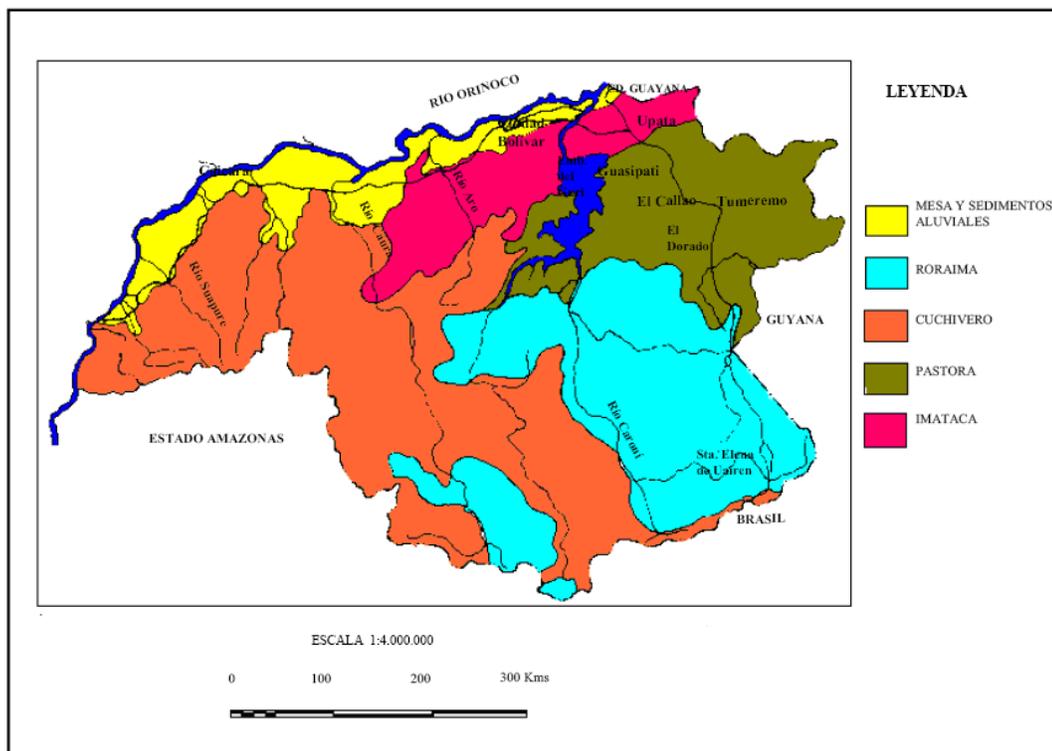


Figura 2.11 Mapa de provincias geológicas del estado Bolívar (Mendoza, V., 2005).

La Provincia Geológica de Imataca se extiende en dirección SW-NE desde las proximidades del río Caura hasta el delta del Orinoco y en dirección NW-SE aflora desde el curso del río Orinoco hasta la falla de Guri por unos 550 Km y 80 Km respectivamente. No parecen existir razones para que Imataca no se extienda al Norte del Orinoco, ni al Oeste del río Caura, y por su puesto en tiempos pre-disrupción de la Pangea a África Occidental.

Litológicamente la Provincia de Imataca está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15%-20%), y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales menos metamorfizados y más jóvenes CRV-TTG gnéísicos (El Torno-Real Corona) (Mendoza, V. 2005).

2.4.2 Geología local

El área de investigación está constituida en su mayor parte por los sedimentos de la Formación Mesa, y en menor proporción por los Sedimentos Recientes o aluviones recientes como lo define Yánez, G., en su trabajo “Geomorfología del área entre Ciudad Bolívar y Ciudad Guayana”. Debido a la cobertura de estos sedimentos, las rocas pertenecientes al Complejo de Imataca no afloran en el área, pero se infiere su existencia a algunas decenas de mts de profundidad debido a que la Formación Mesa se encuentra discordante con el Complejo de Imataca en Ciudad Bolívar.

2.4.2.1 Formación Mesa

Este término fue introducido en 1944 por Hedberg y Pire. En Ciudad Bolívar sus espesores son muy variables y los máximos alcanzados se encuentran en el Hipódromo donde alcanzan 120 metros según J. N. Perfetti, 1978 (González de Juana, C. 1980).

Desde el punto de vista estratigráfico, la Formación Mesa está constituida por una secuencia de arcillas, limolitas y arenas limolíticas bien estratificadas, macizas a laminadas, de color generalmente rojizo, las arcillas presentes son de color gris a amarillo con manchas rojizas.

La Formación se encuentra muy meteorizada y localmente desarrolla lateritas moteadas y caolinitas. La lixiviación y la presencia de diaclasas columnares hacen que la parte superior de la Formación sea sumamente porosa.

2.4.2.2 Sedimentos Recientes

Estos sedimentos están formados por los materiales provenientes de la disgregación mecánica de las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa, los cuales fueron transportados y depositados por las aguas de escorrentía, el viento y los ríos de la zona.

Los sedimentos recientes están constituidos por materiales aluviales, tales como materiales arenosos, limosos y arcillosos, dependiendo de la energía del ambiente donde se depositaron, ocupan parte del fondo de canal y una franja paralela a su curso en el río Orinoco. Estos sedimentos no forman tan sólo los aluviones del río Orinoco, sino que se mezclan con los transportados por sus afluentes y aguas de escorrentía que descienden de las áreas altas como producto de la erosión.

Los materiales incluyen cantos, gravas, limos, arcillas y partículas en suspensión que han sido depositados desde el holoceno hasta el reciente. Estos materiales son de color amarillento o blanco y con una granulometría variable (Gutiérrez y Pérez, 2001).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se presentan algunas concepciones y planteamientos que sirven de base teórica al problema tratado. Tales planteamientos se reflejan en: los antecedentes de estudio, bases teóricas, bases legales y la definición de términos básicos.

3.1 Antecedentes de la investigación

Están referidos a estudios previos desarrollados en otras investigaciones, que facilitan los fundamentos teóricos de aportes referenciales en contexto nacional y local relacionados con el temático objeto de estudio.

Bentes, C. (2017) realizó un Trabajo de Grado titulado: **“EVALUACIÓN HIDRÁULICA AMBIENTAL DEL CANAL DE DRENAJE EN LA AVENIDA PASEO SIMÓN BOLÍVAR DESDE EL INSTITUTO NACIONAL DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE TERRESTRE (INTTT) HASTA COMERCIALIZADORA MAKRO SENTIDO OESTE-ESTE, UBICADO EN LA PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR”**. El proyecto surgió por la necesidad de darle soluciones a la problemática existente debido a la falta de mantenimiento del canal de drenaje, al grado de contaminación ambiental y a los riesgos de inundaciones. Esto permitió determinar los elementos hidráulicos de la estructura de acuerdo a sus características geométricas, presentando el área (A) entre 0,09 y 4,80 m²; el perímetro mojado (Pm) entre 0,82 y 6,75 m; y el radio hidráulico (Rh) entre 0,11 y 0,72 m. El canal de drenaje totalmente revestido presenta un caudal máximo de drenaje entre 0,4 y 0,9

m³/seg; y el caudal de diseño oscila entre 32 y 59 m³/seg, seleccionando finalmente el concreto tipo acabado normal.

Romero, F. y Bernardo, E. (2011) realizó un Trabajo de Grado titulado: **“EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL CANAL DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES DEL AEROPUERTO JOSÉ TOMÁS DE HERES DE CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO HERES”**. Siguiendo cada uno de los objetivos planteados en la investigación, se determinó el área total a drenado durante las lluvias por el canal del Aeropuerto Nacional José Tomas de Heres siendo de 210,38 Ha. Posteriormente se obtuvo el caudal de diseño por medio de los métodos de la fórmula racional, Chow e hidrograma triangular, según este orden caudales máximos fueron de 28.201,813, 19.741,179 y 14.678,771 lps y mínimos de 24.417,416, 17.336,011 y 12.708,827 lps generados a partir de las áreas divididas de cada sección. Para ello se utilizó los datos pluviométricos del área en estudio, el cual corresponde al registro de precipitaciones de 45 años (1951 – 1995) con duraciones de 1, 3, 6 ,9 12 y 24 horas, obteniéndose las intensidades de precipitación mediante métodos y ecuaciones aplicadas a la hidrología, para generar las curvas I.D.F. según los métodos analítico y de Oscar Silva. Siendo promediados para los mismos tiempo de concentración y período de retorno de 10 años por tratarse de una zona urbana.

Morales S. y Ontón J. (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.

Estos dos métodos muestran curvas de tendencia que arrojan ecuaciones como el resultado de una regresión lineal múltiple.

Esta plantea cuatro objetivos específicos contemplando en caracterizar los elementos hidráulicos y ambientales del canal de drenaje, describir topografía del área en estudio, se diseña el revestimiento del canal y de igual manera se proponen mejoras para el embellecimiento urbano en el lugar de estudio

Las citas anteriormente mencionadas, tienen importancia en la investigación y desarrollo del tema basado en la caracterización hidráulica y ambiental del canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís. Además sirvieron de aporte en la técnica e instrumentos de recolección de datos, lo cual permitió seleccionar la información apropiada para la realización del trabajo de investigación utilizando dichas referencias.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Sistema de drenaje

En ingeniería y urbanismo, es el sistema de tuberías, sumideros o trampas, con conexiones, que permite el desalojo de líquidos, generalmente pluviales, de una población (Silva, G. 2003).

Los sistemas de drenajes pluviales se conocen con este nombre debido a que conduce el agua de lluvia a lugares donde se organiza su aprovechamiento. Este drenaje funciona gracias a la gravedad. Las tuberías se conectan en ángulo descendente, desde el interior de los predios a la red municipal, desde el centro de la comunidad hacia el exterior de la misma. Cada cierta distancia se perfora pozos de

registro o bocas de visitas verticales para permitir el acceso a la red con fines de mantenimiento.

Principalmente, el sistema de drenaje está compuesto por una red de canales que recogen y conducen las aguas a otra parte, fuera del área a ser drenada, impidiendo al mismo tiempo, la entrada de las aguas externas. Típicamente estos sistemas se hacen necesarios en los amplios estuarios de los grandes ríos y en los valles donde el drenaje natural es deficiente.

La red de canales debe ser periódicamente limpiada, eliminando el fango que se deposita en ellos y las malezas que crecen en el fondo y en los taludes, caso contrario muy fácilmente el flujo del agua se modificaría y se perdería la eficiencia del sistema (Silva, G. 2003).

3.2.2 Origen de las aguas en un sistema de drenaje

Las aguas destinadas a ser conducida por sistemas de drenaje provienen de:

- a) Por escurrimiento superficial, la cual se produce cuando el caudal fluye sobre el terreno, pudiendo ser por aguas provenientes de las precipitaciones.
- b) Por la elevación del nivel freático, causado por el riego, o por la elevación del nivel de un río próximo.
- c) Directamente precipitadas en el área.

3.2.3 Canales hidráulicos

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 (Rodríguez, P. 2013) (Figura 3.1).

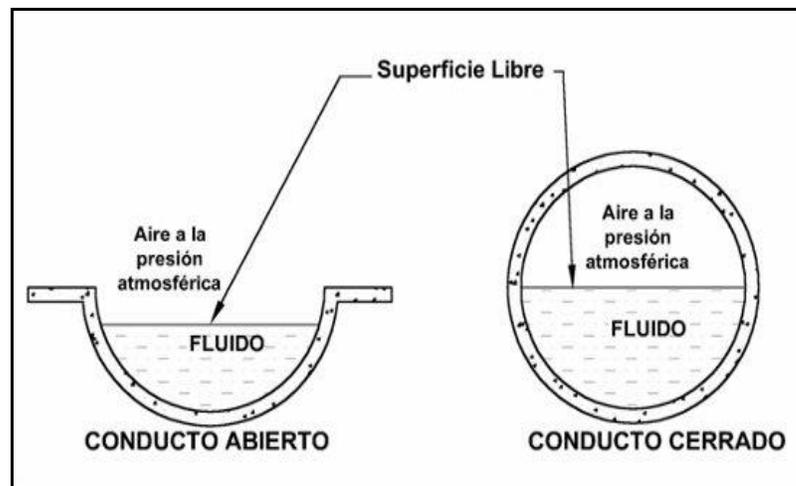


Figura 3.1 Flujo en Conductos (Rodríguez, P. 2013).

3.2.4 Canal abierto

Chow, V. (1994), define a un canal abierto como un conducto en el cual el agua fluye con una superficie libre.

Chow, V. (1994), simplifica aún más la clasificación de los canales abiertos, al dividirlos en dos grupos únicamente según su origen:

3.2.4.1 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 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, la sección transversal de un canal natural es generalmente de forma muy irregular y variable durante su recorrido, lo mismo que su alineación y las características y aspereza de los lechos (Chow, V. 1994) (Figura 3.2).

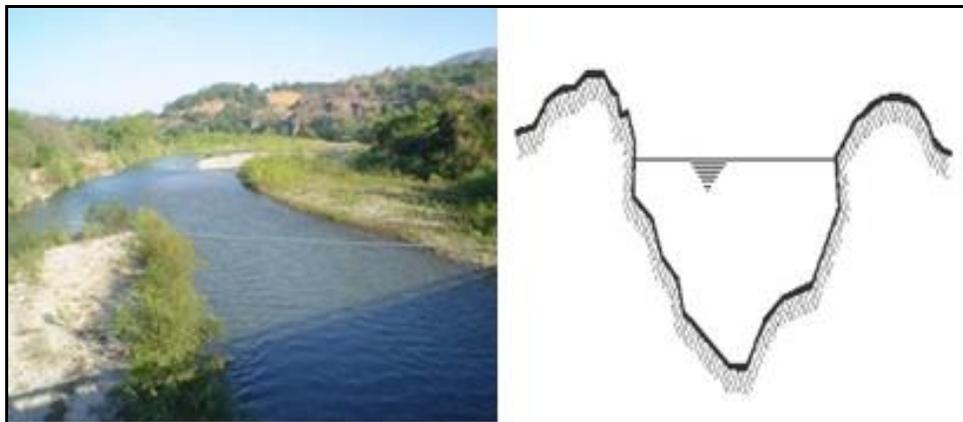


Figura 3.2 Sección Transversal Irregular (Chow, V. 1994).

3.2.4.2 Canales artificiales

Son aquéllos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas de drenaje, vertederos, canales de desborde, canaletas 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 producirá, por tanto, resultados bastante similares a las condiciones reales y, por consiguiente, son razonablemente exactos para propósitos prácticos de diseño (Chow, V. 1994).

Bajo diferentes circunstancias en la práctica de ingeniería, los canales abiertos artificiales reciben diferentes nombres, como canal artificial, canaleta, rápida, caída, alcantarilla, túnel con flujo a superficie libre, etc. Sin embargo, estos nombres se utilizan de una manera más o menos imprecisa y sólo se definen de un modo muy general. El canal artificial por lo general es un canal largo con pendiente suave construido sobre el suelo, que puede ser no revestido o revestido con piedras, concreto, cemento, madera o materiales bituminosos. La canaleta es un canal de madera, de metal, de concreto o de mampostería, a menudo soportado en o sobre la superficie del terreno para conducir el agua a través de una depresión. La rápida es un canal que tiene altas pendientes. La caída es similar a una rápida, pero el cambio en elevación se efectúa en una distancia corta. La alcantarilla, que fluye parcialmente llena, es un canal cubierto con una longitud comparativamente corta instalado para drenar el agua a través de terraplenes de carreteras o de vías férreas. El túnel con flujo a superficie libre es un canal cubierto comparativamente largo, utilizado para conducir el agua a través de una colina o cualquier obstrucción del terreno (Chow, V. 1994) (Figura 3.3).



Figura 3.3 Canales Artificial de Sección Transversal (Chow, V. 1994).

3.2.5 Secciones hidráulicas óptimas del canal

Es una decisión del diseñador. Se determina utilizando una fórmula para flujo uniforme en canales y se deciden sus dimensiones con base en la eficiencia hidráulica, en costos así como también en restricciones de construcción, operación y mantenimiento. En ocasiones la sección hidráulica óptima se utiliza la Tabla 3.1. Esta sección tiene el perímetro mojado mínimo para un área mojada determinada, es decir, la conductividad de la sección es máxima. La sección hidráulica óptima no necesariamente es la más práctica o la más barata.

Se sabe que la conductividad de una sección de canal se incrementa con el aumento en el radio hidráulico o la disminución en el perímetro mojado. Desde un punto de vista hidráulico, por consiguiente, la sección de canal que tenga el menor perímetro mojado para un área determinada tiene la máxima conductividad; tal sección se conoce como sección hidráulica óptima. Dentro de todas las secciones el semicírculo tiene el menor perímetro mojado para un área determinada; por consiguiente es la sección hidráulicamente más eficiente de todas las secciones (Chow, V. 1994) (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Sección hidráulica óptima (Chow, V. 1994).

Sección	Area hidráulica	Perimetro mojado	Radio hidráulico	Ancho superficial
 Rectangular	$A = b \cdot y$	$P = b + 2y$	$R = \frac{b \cdot y}{b + 2y}$	$T = b$
 Trapezoidal	$A = (b + zy) \cdot y$	$P = (b + 2y) \sqrt{1 + z^2}$	$R = \frac{(b + zy) \cdot y}{(b + 2y) \sqrt{1 + z^2}}$	$T = b + 2zy$
 Trapezoidal Asimétrico	$A = by + \frac{1}{2} (z_i + z_o) y^2$	$P = b + \left(\sqrt{z_i^2 + 1} + \sqrt{z_o^2 + 1} \right) y$	$R = \frac{by + \frac{1}{2} (z_i + z_o) y^2}{b + \left(\sqrt{z_i^2 + 1} + \sqrt{z_o^2 + 1} \right) y}$	$T = b + (z_i + z_o) y$
 Triangular	$A = zy^2$	$P = 2y \sqrt{1 + z^2}$	$R = \frac{zy}{2 \sqrt{1 + z^2}}$	$T = 2zy$
 Triangular Asimétrico	$A = \frac{1}{2} (z_i + z_o) y^2$	$P = \left(\sqrt{z_i^2 + 1} + \sqrt{z_o^2 + 1} \right) y$	$R = \frac{\frac{1}{2} (z_i + z_o) y^2}{\left(\sqrt{z_i^2 + 1} + \sqrt{z_o^2 + 1} \right) y}$	$T = (z_i + z_o) y$
 Circular	$A = \frac{(\theta - \text{sen}\theta) D^2}{8}$	$P = \frac{1}{2} \theta D$	$R = \frac{1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}}{4} \frac{D}{4}$	$T = \frac{(\text{sen}\frac{\theta}{2}) D}{6}$ $T = 2\sqrt{y(D-y)}$

Los elementos geométricos para seis secciones hidráulicas óptimas se muestran en la tabla 3.1, pero no siempre estas secciones son prácticas, debido a dificultades en la construcción y en el uso de material. En general, una sección de canal debe diseñarse para cumplir con una eficiencia hidráulica óptima pero debe modificarse para tener en cuenta aspectos constructivos. Desde un punto de vista práctico, nótese que la sección hidráulica óptima es la sección que da el área mínima para un caudal determinado pero no necesariamente la mínima excavación. La sección con mínima excavación ocurre sólo si el nivel del agua llega hasta el tope de las bancas. En los casos en que la superficie del agua se encuentra por debajo del tope de las bancas,

como ocurre a menudo, los canales más angostos que aquéllos con la sección hidráulica óptima darán una excavación mínima. Si la superficie del agua fluye por encima de las bancas y éstas coinciden con el nivel del terreno, canales más anchos darán una excavación mínima.

El principio de la sección hidráulica óptima se aplica sólo al diseño de canales no erosionables. Para canales erosionables, debe utilizarse el principio de la fuerza tractiva para determinar una sección eficiente (Chow, V. 1994).

3.2.6 Geometría de canal

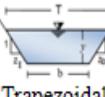
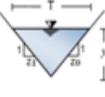
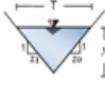
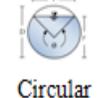
Un canal construido con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante se conoce como canal prismático. De otra manera, el canal es no prismático; un ejemplo es un vertedero de ancho variable y alineamiento curvo (Chow, V. 1994).

El término sección de canal se refiere a la sección transversal de un canal tomado 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. Para canales horizontales, por consiguiente, la sección del canal es siempre una sección vertical de canal.

Las secciones de canales naturales son, por lo general, muy irregulares, y a menudo varían desde aproximadamente una parábola hasta aproximadamente un trapecio. Para corrientes sujetas a crecientes frecuentes, el canal puede constar de una sección principal del canal que conduce los caudales normales y una o más secciones laterales de canal para acomodar los caudales de desborde.

Los canales artificiales a menudo se diseñan con secciones de figuras geométricas regulares. La tabla 3.2 relaciona 6 formas geométricas utilizadas comúnmente. El trapecio es la forma más común para canales con bancas 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, como mampostería, roca, metal o madera. La sección triangular sólo se utiliza para pequeñas acequias, cunetas a lo largo de carreteras y trabajos de laboratorio. El círculo es la sección más común para alcantarillados y alcantarillas (culverts) de tamaños pequeño y mediano. La parábola se utiliza como una aproximación a secciones de canales naturales de tamaños pequeño y mediano. El rectángulo con esquinas redondeadas es una modificación del rectángulo. El triángulo con fondo redondeado es una aproximación de la parábola; ésta es la forma creada a menudo con la utilización de excavadoras (Chow, V. 1994) (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Elementos geométricos de las secciones más usuales (Chow, V. 1994).

Sección	Area hidráulica	Perímetro mojado	Radio hidráulico	Ancho superficial	Profundidad hidráulica	Factor sección
 Rectangular	$A = b \cdot y$	$P = b + 2y$	$R = \frac{b \cdot y}{b + 2y}$	$T = b$	$D = y$	$Z = b \cdot y^{1.5}$
 Trapezoidal	$A = (b + zy) \cdot y$	$P = (b + 2y) \sqrt{1 + z^2}$	$R = \frac{(b + zy) \cdot y}{(b + 2y) \sqrt{1 + z^2}}$	$T = b + 2zy$	$D = \frac{(b + zy) \cdot y}{b + 2zy}$	$Z = \frac{[(b + zy) \cdot y]^{1.5}}{\sqrt{b + 2zy}}$
 Trapezoidal Asimétrico	$A = by + \frac{1}{2} (z_i + z_o) y^2$	$P = b + (\sqrt{z_i^2 + 1} + \sqrt{z_o^2 + 1}) y$	$R = \frac{by + \frac{1}{2} (z_i + z_o) y^2}{b + (\sqrt{z_i^2 + 1} + \sqrt{z_o^2 + 1}) y}$	$T = b + (z_i + z_o) y$	$D = \frac{by + \frac{1}{2} (z_i + z_o) y^2}{b + (z_i + z_o) y}$	$Z = \frac{by + \frac{1}{2} (z_i + z_o) y^2}{\sqrt{\frac{by + \frac{1}{2} (z_i + z_o) y^2}{b + (z_i + z_o) y}}}$
 Triangular	$A = zy^2$	$P = 2y \sqrt{1 + z^2}$	$R = \frac{zy}{2 \sqrt{1 + z^2}}$	$T = 2zy$	$D = \frac{1}{2} y$	$Z = \frac{\sqrt{2}}{2} zy^{2.5}$
 Triangular Asimétrico	$A = \frac{1}{2} (z_i + z_o) y^2$	$P = (\sqrt{z_i^2 + 1} + \sqrt{z_o^2 + 1}) y$	$R = \frac{\frac{1}{2} (z_i + z_o) y^2}{(\sqrt{z_i^2 + 1} + \sqrt{z_o^2 + 1}) y}$	$T = (z_i + z_o) y$	$D = \frac{\frac{1}{2} (z_i + z_o) y^2}{(z_i + z_o) y}$	$Z = \frac{\frac{1}{2} (z_i + z_o) y^2}{\sqrt{\frac{1}{2} (z_i + z_o) y^2}} \cdot \frac{1}{(z_i + z_o) y}$
 Circular	$A = \frac{(\theta - \text{sen}\theta) D^2}{8}$	$P = \frac{1}{2} \theta D$	$R = \frac{1}{4} \cdot \frac{\text{Sen}\theta}{\theta} \cdot D$	$T = (\frac{\text{Sen}\theta}{2}) D$ $T = 2\sqrt{y(D-y)}$	$D = \frac{1}{2} \frac{\theta - \text{sen}\theta}{\text{Sen}\frac{\theta}{2}} D$	$Z = \frac{\sqrt{2} (\theta - \text{sen}\theta)^{1.5}}{32 (\text{Sen}\frac{\theta}{2})^{0.5}} D^{2.5}$

Secciones geométricas cerradas diferentes del círculo se utilizan con frecuencia en alcantarillados de aguas negras, de manera particular para alcantarillas suficientemente grandes que permiten la entrada de un hombre. Estas secciones reciben diferentes nombres de acuerdo con su forma; pueden ser en forma de huevo, ovoides, semielípticas, en forma de U, catenaria, herradura, manija de canasto, etc. Los rectángulos y cuadrados completos, también son comunes en alcantarillados grandes. Las dimensiones y propiedades de secciones de alcantarillas se encuentran en textos sobre alcantarillados.

Una sección geométrica especial, conocida como lintearia, es la forma de la sección transversal de un canal compuesto por hojas flexibles que se suponen de peso insignificante, lleno con agua hasta la parte superior de la sección y firmemente soportado en los extremos superiores de los lados pero sin efectos de fijación. La catenaria hidrostática ha sido utilizada para el diseño de algunas canaletas elevadas de irrigación. Estas canaletas se construyen utilizando láminas metálicas tan delgadas, que su peso es insignificante, las cuales se unen firmemente a vigas en los extremos superiores (Chow, V. 1994).

3.2.7 Elementos geométricos de una sección de canal

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. Para secciones de canal regulares y simples, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad de flujo y de otras dimensiones de la sección. Para secciones complicadas y secciones de corrientes naturales, sin embargo, no se puede escribir una ecuación simple para expresar estos elementos, pero pueden prepararse curvas que representen la relación entre estos

elementos y la profundidad de flujo para uso en cálculos hidráulicos (Chow, V. 1994).

A continuación da las definiciones de varios elementos geométricos de importancia básica:

El área mojada (A) es el área de la sección transversal del flujo perpendicular a la dirección de flujo. El ancho superficial (T) es el ancho de la sección del canal en la superficie libre. El perímetro mojado (P) es la longitud de la línea de intersección de la superficie del canal mojada y de un plano transversal perpendicular a la dirección de flujo. El radio hidráulico (R) es la relación del área mojada (A) con respecto a su perímetro mojado (P) (Ecuación 3.1) (Chow, V. 1994).

$$R = A/P \quad (3.1)$$

Dónde:

R: Radio hidráulico.

A: Área mojada.

P: Perímetro mojado.

La profundidad hidráulica (D) es la relación entre el área mojada (A) y el ancho en la superficie (T) (Ecuación 3.2).

$$D = A/T \quad (3.2)$$

Dónde:

D: Profundidad hidráulica.

A: Área mojada.

T: Ancho superficial.

El factor de sección para el cálculo de flujo crítico Z es el producto del área mojada A y la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica D (Ecuación 3.3).

$$Z = A \sqrt{D} \quad (3.3)$$

Donde:

Z : Factor sección.

A : Área mojada.

D : Profundidad hidráulica.

La profundidad de flujo, y , es la distancia vertical desde el punto más bajo de una sección del canal hasta la superficie libre, y esta se determina a partir de mediciones directas en el canal de estudio o de tablas establecidas. 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 éste, o la altura de la sección del canal que contiene el agua. Para un canal con un ángulo de pendiente longitudinal θ , puede verse que la profundidad de flujo es igual a la profundidad de sección de flujo dividida por $\cos \theta$. En el caso de canales empinados, por consiguiente, los dos términos deben utilizarse de manera discriminada. El nivel es la elevación o distancia vertical desde un nivel de referencia o datum hasta la superficie libre. Si el punto más bajo de la sección de canal se escoge como el nivel de referencia, el nivel es idéntico a la profundidad de flujo (Tabla 3.3).

Tabla 3.3 Profundidad de flujo (y) (Modificado de King 1954).

Pendiente de los lados de la sección del canal horizontal a vertical											
y/b	0:1	¼: 1	½: 1	¾: 1	1:1	1 ½: 1	2:1	2 ½: 1	3:1	4:1	Circular
0,01	0,00046	0,00046	0,00046	0,00046	0,00046	0,00046	0,00046	0,00046	0,00047	0,00047	0,0000
0,02	0,00143	0,00145	0,00145	0,00146	0,00147	0,00148	0,00149	0,00149	0,00150	0,00151	0,0002
0,03	0,00279	0,00282	0,00285	0,00287	0,00288	0,00291	0,00293	0,00295	0,00298	0,00302	0,0005
0,04	0,00444	0,00451	0,00457	0,00461	0,00465	0,00471	0,00476	0,00482	0,00489	0,00495	0,0009
0,05	0,00637	0,00649	0,00659	0,00667	0,00674	0,00686	0,00695	0,00705	0,00713	0,00731	0,0015
0,06	0,00855	0,00875	0,00888	0,00902	0,00915	0,00929	0,00949	0,00962	0,00976	0,01009	0,0022
0,07	0,01090	0,01117	0,01144	0,01164	0,01178	0,01211	0,01231	0,01258	0,01277	0,01326	0,0031
0,08	0,01346	0,0139	0,0142	0,0145	0,0147	0,0151	0,0155	0,0159	0,0162	0,0168	0,0040
0,09	0,0162	0,0168	0,0172	0,0176	0,0180	0,0185	0,0190	0,0194	0,0199	0,0209	0,0052
0,10	0,0191	0,0198	0,0205	0,0209	0,0214	0,0221	0,0228	0,0234	0,0241	0,0253	0,0065
0,11	0,0221	0,0231	0,0238	0,0245	0,0251	0,0260	0,0269	0,0278	0,0285	0,0301	0,0079
0,12	0,0253	0,0264	0,0275	0,0283	0,0290	0,0303	0,0314	0,0324	0,0334	0,0355	0,0095
0,13	0,0286	0,0300	0,0312	0,0323	0,0332	0,0347	0,0361	0,0374	0,0387	0,0413	0,0113
0,14	0,0320	0,0338	0,0353	0,0365	0,0376	0,0395	0,0412	0,0428	0,0443	0,0475	0,0131
0,15	0,0355	0,0376	0,0394	0,0409	0,0422	0,0445	0,0466	0,0485	0,0504	0,0542	0,0152
0,16	0,0392	0,0417	0,0437	0,0455	0,0471	0,0498	0,0523	0,0546	0,0569	0,0614	0,0173
0,17	0,0429	0,0458	0,0482	0,0503	0,0522	0,0554	0,0583	0,0610	0,0637	0,0690	0,0196
0,18	0,0468	0,0501	0,0529	0,0533	0,0575	0,0612	0,0646	0,0678	0,0710	0,0773	0,0220
0,19	0,0507	0,0544	0,0577	0,0605	0,0630	0,0764	0,0713	0,0750	0,0787	0,0859	0,0247
0,20	0,0546	0,0590	0,0627	0,0659	0,0687	0,0738	0,0783	0,0826	0,0868	0,0952	0,0273

Continuación de la Tabla 3.3.

Pendiente de los lados de la sección del canal horizontal a vertical											
y/b	0:1	¼: 1	½: 1	¾: 1	1:1	1 ½: 1	2:1	2 ½: 1	3:1	4:1	Circular
0,22	0,0629	0,0683	0,0734	0,0774	0,0808	0,0875	0,0935	0,0989	0,1043	0,1151	0,0333
0,24	0,0714	0,0781	0,0841	0,0895	0,0942	0,1023	0,1097	0,1164	0,1238	0,1373	0,0394
0,26	0,0801	0,0882	0,0956	0,1023	0,1077	0,1178	0,1272	0,1359	0,1447	0,1622	0,0464
0,28	0,0888	0,0989	0,108	0,116	0,122	0,135	0,146	0,157	0,168	0,189	0,0536
0,30	0,0983	0,1097	0,120	0,130	0,138	0,153	0,167	0,180	0,193	0,218	0,0610
0,32	0,1077	0,1211	0,134	0,145	0,155	0,172	0,189	0,205	0,220	0,250	0,0690
0,34	0,1171	0,133	0,147	0,160	0,172	0,193	0,213	0,231	0,256	0,285	0,0776
0,36	0,1272	0,145	0,162	0,177	0,190	0,215	0,235	0,259	0,280	0,322	0,0864
0,38	0,137	0,157	0,177	0,194	0,210	0,238	0,264	0,289	0,313	0,361	0,0955
0,40	0,147	0,170	0,192	0,212	0,229	0,262	0,292	0,320	0,349	0,404	0,1050
0,42	0,157	0,184	0,208	0,230	0,251	0,287	0,322	0,354	0,386	0,450	0,1147
0,44	0,167	0,197	0,225	0,250	0,273	0,314	0,353	0,390	0,426	0,498	0,1245
0,46	0,178	0,211	0,242	0,270	0,295	0,343	0,386	0,428	0,468	0,549	0,1348
0,48	0,188	0,225	0,259	0,291	0,319	0,372	0,421	0,468	0,513	0,604	0,1452
0,50	0,199	0,239	0,277	0,312	0,34	0,402	0,457	0,509	0,561	0,662	0,1558
0,55	0,25	0,276	0,324	0,369	0,410	0,486	0,556	0,623	0,690	0,821	0,1825
0,60	0,252	0,315	0,375	0,431	0,483	0,577	0,666	0,752	0,834	1,003	0,2092
0,70	0,308	0,398	0,485	0,568	0,645	0,787	0,922	1,050	1,178	1,427	0,2608
0,80	0,365	0,488	0,610	0,725	0,834	1,036	1,231	1,413	1,595	1,952	0,3045
0,40	0,147	0,170	0,192	0,212	0,229	0,262	0,292	0,320	0,349	0,404	0,1050

Continuación de la Tabla 3.3.

Pendiente de los lados de la sección del canal horizontal a vertical											
y/b	0:1	¼: 1	½: 1	¾: 1	1:1	1 ½: 1	2:1	2 ½: 1	3:1	4:1	Circular
0,90	0,423	0,585	0,747	0,902	1,050	1,332	1,588	1,844	2,093	2,577	0,3324
1,00	0,480	0,688	0,895	1,104	1,299	1,662	2,012	2,342	2,672	3,318	0,3117
1,20	0,600	0,915	1,245	1,568	1,878	2,470	3,035	3,580	4,112	5,162	--
1,40	0,720	1,171	1,649	2,127	2,591	3,479	4,320	5,141	5,949	7,537	--
1,60	0,841	1,454	2,113	2,786	3,445	4,704	5,908	7,079	8,210	10,498	--
1,80	0,962	1,763	2,645	3,553	4,441	6,157	7,806	9,421	10,969	14,065	--
2,00	1,083	2,100	3,244	4,428	5,599	7,873	10,027	12,180	14,26	19,371	--
2,25	1,238	2,564	4,098	5,693	7,268	10,363	13,324	13,218	19,112	24,697	--

3.2.8 Pendientes longitudinal y lateral del canal

3.2.8.1 Pendiente longitudinal del canal (S)

Determinada por la topografía, la velocidad mínima y la mínima energía requerida para permitir el flujo (Chow, V. 1994).

3.2.8.2 Pendiente lateral (z)

Depende del material donde el canal se excava. Esta tabla da una idea general de las pendientes apropiadas para ser utilizadas con diferentes clases de material. Sin embargo, para un material erosionable una determinación más exacta de las pendientes laterales debe verificarse con el criterio de la máxima velocidad permisible o mediante el principio de la fuerza tractiva. Otros factores que deben considerarse para determinar las pendientes laterales son el método de construcción, la condición de pérdidas por infiltración, los cambios climáticos, el tamaño del canal, etc. En general, las pendientes laterales deben hacerse tan empinadas como sea factible y deben diseñarse de acuerdo con una alta eficiencia y estabilidad hidráulica. Para canales revestidos, el U.S. Bureau of Reclamation ha considerado la normalización de una pendiente de 1.5:1 para los tamaños usuales de canales. Una ventaja de esta pendiente es que es lo suficientemente plana para permitir un uso factible de casi cualquier tipo de revestimiento o tratamiento de revestimiento en el presente o en el futuro anticipado por el Bureau (Chow, V. 1994) (Tablas 3.4 y 3.5).

Tabla 3.4 Pendientes laterales (z), para canales revestidos
(Chow, V. 1994).

	Pendiente lateral (H:V)
Para cualquier materiales no erosionables utilizados para formar el revestimiento de un canal	$z = 0:1$
	$z = 1/4: 1$
	$z = 1/2:$
	$z = 3/4: 1$
	$z = 1:1$
	$z = 1 1/2: 1$
	$z = 2:1$
	$z = 2 1/2: 1$
	$z = 3:1$
	$z = 4:1$
Circular	

Tabla 3.5 Pendientes laterales (z), para canales no revestidos (Chow, V. 1994).

Material	Pendiente lateral (H:V)
Roca	Aprox. Vertical
Estiércol y suelo de turba	$1/4 :1$
Arcilla dura o tierra con recubrimiento de concreto	$1/2:1$ o $1:1$
Tierra con recubrimiento de piedras o tierra en canales grandes	$1:1$
Arcilla firme o tierra en canales pequeños	$1 1/2:1$
Tierra arenosa suelta	$2:1$
Marga arenosa o arcilla porosa	$3:1$

3.2.9 Borde libre (BL)

El borde libre de un canal es la distancia vertical desde la parte superior del canal hasta la superficie del agua en la condición de diseño. Se puede determinar a través de la Figura 3.1. Esta entrada distancia debe ser lo suficientemente grande para prevenir que ondas o fluctuaciones en la superficie del agua causen reboses por

encima de los lados. Este factor se vuelve muy importante en especial en el diseño de canaletas elevadas, debido a que la construcción de la subestructura de éstos puede ponerse en peligro por cualquier rebose, o agua (Figura 3.4).

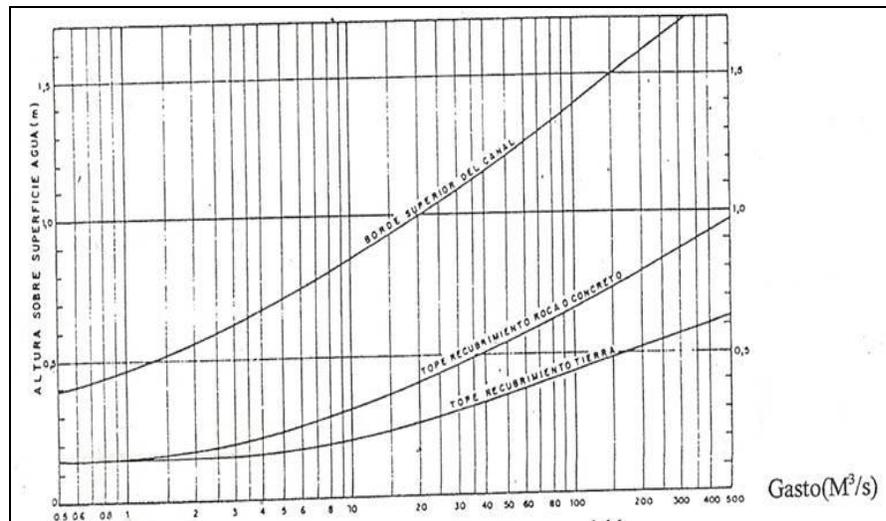


Figura 3.4 Borde Libre (Bolinaga, J. 1979).

No existe una regla universalmente aceptada para el cálculo del borde libre, debido a que la acción de las ondas o las fluctuaciones en la superficie del agua en un canal puede crearse por muchas causas incontrolables. Ondas pronunciadas y fluctuaciones en la superficie del agua por lo general se esperan en canales donde la velocidad es muy alta y la pendiente muy empinada, de tal manera que el flujo se vuelve muy inestable, o en curvas donde la alta velocidad y el ángulo de deflexión pueden causar superficies de agua con súper elevaciones apreciables en el lado convexo de la curva, o en canales donde la velocidad de flujo se aproxima al estado crítico para el cual el agua puede fluir con sus dos profundidades alternas y saltar desde el nivel bajo al nivel alto con cualquier pequeña obstrucción. Otras causas naturales, como el movimiento del viento y la acción de mareas, también pueden inducir ondas altas que requieren una consideración especial en el diseño.

En el diseño es común el uso de bordes libres que varían desde menos del 5% a más del 30% de la profundidad de flujo. Para canaletas metálicas con interiores suaves y semicirculares, colocadas en tangentes que conducen el agua a velocidades no mayores que el 80% de la velocidad crítica con un máximo de 8 pies/s, la experiencia indica que un borde libre del 6% del diámetro de la canaleta debería ser utilizado. Para canaletas en curvas de alta velocidad o deflexiones, se producirá acción de ondas; luego, el borde libre debe incrementarse para prevenir que el agua se desborde.

El borde libre en un canal no revestido o lateral por lo general estará gobernado por consideraciones de tamaño y localización del canal, caudal de aguas lluvias entrantes, fluctuaciones del nivel freático causadas por estructuras de control de flujo, acción del viento, características del suelo, requerimientos para la operación de carreteras y disponibilidad de material excavado. De acuerdo con el U.S. Bureau of Reclamation, el rango aproximado de borde libre a menudo utilizado se extiende desde un pie para pequeños laterales de riego con profundidades bajas hasta 4 en canales de 3,000 pies³/s, o capacidades mayores con profundidades de agua relativamente grandes.

Para canales o laterales de riego revestidos, la altura del revestimiento por encima de la superficie del agua dependerá de cierto número de factores: tamaño del canal, velocidad del agua, curvatura del alineamiento, condiciones del caudal de entrada de aguas lluvias o aguas de drenaje, fluctuaciones en el nivel del agua debido a la operación de estructuras reguladoras del flujo y acción del viento. De una manera más o menos similar, la altura de la banca por encima de la superficie del agua variará con el tamaño y la localización del canal, el tipo de suelo, la cantidad de agua lluvia o agua de drenaje interceptado, otros. (Chow, V. 1994).

3.2.10 Factores que influyen en la formación de los caudales

Son básicamente dos, factores de lluvias (duración, intensidad, frecuencia, período de retorno y variación temporal) y factores de la cuenca (morfometría) tales como se muestran a continuación:

3.2.10.1 Duración (t)

Es el período de análisis. Las lluvias de corta duración, conocidas también como tormentas, son eventos que por lo general tienen duraciones entre 5 minutos y 24 horas, y se utilizan para el cálculo de crecientes (Silva, G. 2003).

3.2.10.2 Intensidad (I)

Se define como el volumen de precipitación por unidad de tiempo. Se expresa en milímetros por hora (mm/h) la altura de agua caída recogida en una superficie plana de 1 m² y medida en milímetros. Un milímetro de agua de lluvia equivale a 1 litro de agua por m², que es otra forma de medir la cantidad de agua de lluvia. Su valor depende, para una zona dada, del período de retorno considerado y de la duración de las lluvias intensas (chaparrón) igual al tiempo de concentración. Cada zona tiene su registro de curvas de intensidad-duración-frecuencia para tomar este valor (Silva, G. 2003).

3.2.10.3 Frecuencia (f)

Es una medida de la probabilidad de ocurrencia de eventos mayores o iguales que el que se analiza. Generalmente se relaciona con el período de retorno (Tr). Por ejemplo, el aguacero que tiene una frecuencia del uno por mil tiene una probabilidad

de ser igualado o excedido una vez cada mil años en promedio. Para este aguacero el período de retorno es de mil años.

3.2.10.4 Periodo de retorno (Tr)

También llamado intervalo de recurrencia, es el intervalo promedio en años, entre acontecimientos, que igualan o exceden una magnitud dada, también es el inverso de la probabilidad de excedencia (Silva, G. 2003).

3.2.11 Método racional

Desarrollado en el año de 1889, pero por su sencillez todavía se sigue utilizando. Este método presenta una serie de limitaciones en la que muchos autores recomiendan su uso para áreas pequeñas, debido que su aplicación en áreas grandes da valores muy elevados con respecto al verdadero. Es por esta razón que es muy empleado en el diseño de colectores pluviales, además de su simplicidad, partir de los resultados arrojados ofrece una dimensión segura para su funcionamiento, sin embargo, puede llegar a ocasionar sobre diseño, los cuales generarían costos excesivos (Franceschi A, Luis 1984) recomienda su aplicación para el caudal de diseño de drenaje urbano y rural en cuencas cuyo valor no supere 200 Ha, mientras la norma 5.318 (aplicada a la ingeniería civil) recomienda su uso hasta 500 Ha para el diseño de colectores pluviales. Mediante la Ecuación 3.4 se estiman los gastos aportados por la cuenca, es por esta razón que se hará una comparación con otros métodos aplicados en el cálculo de caudales pluviales.

$$Q = 2,78 * C * I * A \quad (3.4)$$

Dónde:

Q : Gasto máximo (lps).

C : Coeficiente de escurrimiento.

I : Intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, en mm/h.

A : Área de la cuenca drenada, en Ha

3.2.12 Diseño de canales

Es la herramienta más básica si se desea realizar diseños orientados a la conservación de suelos, pues en él radican los elementos necesarios para canales de desviación, canales de terrazas, vías de evacuación, etc. Se tienen diferentes factores que se consideran en el diseño de canales, aunque el diseño final se hará considerando las diferentes posibilidades y el resultado será siempre una solución de compromiso, porque nunca se podrán eliminar todos los riesgos y desventajas, únicamente se asegurarán que la influencia negativa sea la mayor posible y que la solución técnica propuesta no sea inconveniente debido a los altos costos.

En el diseño de los canales abiertos se debe considerar la pendiente de las paredes, la curvatura que se dará al canal, la revancha, etc. Es decir que para el diseño de canales es importante conocer estudios geológicos, salinidad, suelos (geología), para así poder saber qué tipo de geometría se aplicará, bien sea rectangular, trapezoidal, triangular, con o sin revestimiento, entre otros. También se consideran algunos elementos topográficos (planos topográficos y catastrales), secciones, velocidades permisibles, fotografías aéreas, para localizar los poblados, caseríos, áreas de cultivo, vías de comunicación, etc. (Chow, V. 1994).

Chow, V. (1994) considera los siguientes factores en el diseño de canales abiertos:

1. Tipo de material del revestimiento, que determina el coeficiente de rugosidad a utilizar en las ecuaciones.
2. Velocidad mínima permisible, para evitar la deposición de material en suspensión.
3. La pendiente de fondo del canal y las pendientes laterales.
4. El borde libre, la altura desde el coronamiento hasta la superficie libre del agua.
5. La selección más eficiente, determinada en forma hidráulica o empírica.

Según su diseño se puede clasificar los canales en:

3.2.12.1 Canales revestidos con materiales (no-erosionables)

La mayor parte de los canales artificiales revestidos y construidos pueden considerarse no-erosionables. Para el diseño de canales artificiales no erosionables se usan las ecuaciones de movimiento permanente y uniforme ya establecidas. En canales artificiales revestidos, la velocidad máxima permisible, es decir, la velocidad máxima que no causará erosión, puede no considerarse siempre y cuando el agua no transporte arena, grava o piedras. Si van a existir velocidades muy altas sobre el revestimiento, sin embargo, debe recordarse que existe una tendencia en el agua que se mueve muy rápidamente de mover los bloques del revestimiento y empujarlos por fuera de su posición. Por consiguiente, el revestimiento debe diseñarse contra estas posibilidades (Estrada, 2006).

Un canal se construye revestido por cinco razones:

1. Permitir el flujo de agua a altas velocidades a través de áreas excavación profunda o difícil en una forma económica.
2. Permitir el flujo de agua a velocidades altas en forma económica.

3. Reducir las pérdidas de agua por infiltración hacia las zonas aledañas.
4. Reducir los costos anuales de operación y mantenimiento.
5. Asegurar la estabilidad de la sección del canal.

❖ Tipos de revestimientos: los materiales no erosionables utilizados para formar el revestimiento de un canal o el cuerpo de un canal desarmable, incluyen concreto, acero, hierro fundido, madera, vidrio, etc. Como se puede ver en la Tabla 3.6. Por otra parte los canales pueden estar revestidos de pasto o vegetación.

La selección del material depende de la disponibilidad del material y su costo, el método de construcción y el propósito del canal (Herrera, 2001) (Tabla 3.6).

Tabla 3.6 Coeficientes de rugosidad de Manning (Valores en negrilla son los generalmente recomendados para el diseño) (Chow, V. 1994).

Tipo de cauce y descripción	Valor de n		
	Mínimo	Normal	Máximo
A. Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos			
A1) Metal			
a) Latón liso	0.009	0.010	0.013
b) Acero			
1. Estriado y soldado	0.010	0.012	0.014
2. Ribeteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
c) Hierro fundido			
1. Recubierto	0.010	0.013	0.014
2. No recubierto	0.011	0.014	0.016
d) Hierro forjado			
1. Negro	0.012	0.014	0.015
2. Galvanizado	0.013	0.016	0.017
e) Metal corrugado			
1. Subdrenaje	0.017	0.019	0.021
2. Drenaje de aguas lluvias	0.021	0.024	0.030

Continuación de la Tabla 3.6.

Tipo de cauce y descripción	Valor de <i>n</i>		
	Mínimo	Normal	Máximo
A2) No metal			
a) Lucita	0.008	0.009	0.010
b) Vidrio	0.009	0.010	0.013
c) Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
d) Concreto			
1. Alcantarilla, recta y libre de basuras.	0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras.	0.011	0.013	0.014
	0.011	0.012	0.014
3. Bien terminado.			
4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc., recto.	0.013	0.015	0.017
	0.012	0.013	0.014
5. Sin pulir, formaleta y encofrado metálico.	0.012	0.014	0.016
6. Sin pulir, formaleta y encofrado en madera lisa.	0.015	0.017	0.020
7. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa.			
e) Madera			
1. Machihembrada	0.010	0.012	
2. Laminada, tratada	0.015	0.017	
f) Arcilla			
1. Canaleta común de baldosas.	0.011	0.013	0.017
2. Alcantarilla vitrificada.	0.011	0.014	0.017
3. Alcantarilla vitrificada con pozos de inspección, entradas, etc.	0.013	0.015	0.017
4. Subdrenaje vitrificado con juntas abiertas.	0.014	0.016	0.018
g) Mampostería en ladrillo			
1. Barnizada o lacada	0.011	0.013	0.015
2. Revestida con mortero de cemento	0.012	0.015	0.017
h) Alcantarillados sanitarios recubiertos con limos y babas de aguas residuales, con curvas y conexiones.	0.012	0.013	0.016
i) Alcantarillado con batea pavimentada, fondo liso.	0.016	0.019	0.020
j) Mampostería de piedra, cementada.	0.018	0.025	0.030

Continuación de la Tabla 3.6.

Tipo de cauce y descripción	Valor de <i>n</i>		
	Mínimo	Normal	Máximo
B) Canales revestidos o desarmables			
B1) Metal			
a) Superficie lisa de acero	0.011	0.012	0.014
1. Sin pintar	0.012	0.013	0.017
2. Pintada			
b) Corrugado	0.021	0.025	0.030
B2) No metal			
a) Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b) Madera			
1. Cepillada, sin tratar.	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Láminas con listones.	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante.	0.010	0.014	0.017
c) Concreto			
1. Terminado con llana metálica (palustre).	0.011	0.013	0.015
2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir.	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
d) Fondo de concreto terminado con llana de madera y con lados de:			
1. Piedra labrada, en mortero.	0.015	0.017	0.020
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero.	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra cementada, recubierta.	0.016	0.020	0.024
4. Mampostería de piedra cementada.	0.020	0.025	0.030
5. Piedra suelta o riprap.	0.029	0.030	0.035

Continuación de la Tabla 3.6.

Tipo de cauce y descripción	Valor de n		
	Mínimo	Normal	Máximo
e) Fondo de gravas con lados de:			
1. Concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero.	0.020	0.023	0.026
3. Piedra suelta o riprap.	0.023	0.033	0.036
f) Ladrillo			
1. Barnizado o lacado	0.011	0.013	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	0.015	0.018
g) Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2. Piedra suelta o riprap	0.023	0.032	0.035
h) Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i) Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
j) Revestimiento vegetal	0.030		0.500

❖ Espesor de revestimiento: se refiere cuando un canal se encuentra recubierto con un material seleccionado, con el objetivo de evitar infiltraciones y daños en el mismo (Beltrán, 2004) (Figura 3.5).

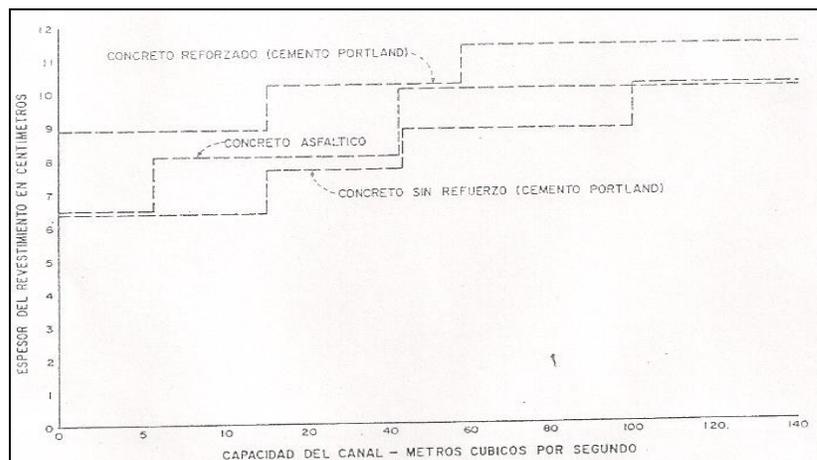


Figura 3.5 Espesor de revestimiento (Beltrán, 2004).

❖ **Velocidad mínima permisible:** la velocidad mínima permisible o velocidad no sedimentante es la menor velocidad que, no permite el inicio de la sedimentación y no induce el crecimiento de plantas acuáticas y de musgo. Esta velocidad es muy incierta y su valor exacto no puede determinarse con facilidad, pero en la Tabla 3.7 se muestra valores estándar de estas velocidades en función al material de arrastre. Para aguas que no tengan carga de limos o para flujos previamente decantados, este factor tiene una pequeña importancia excepto por su efecto en el crecimiento de plantas. En general puede adoptarse una velocidad media de 0.6 a 0.9 m/s cuando el porcentaje de limos presente en el canal es pequeño, y una velocidad media no inferior a 0.75 m/s prevendrá el crecimiento de vegetación que disminuiría seriamente la capacidad de transporte del canal (Chow, V. 1994) (Tabla 3.7).

Tabla 3.7 Velocidades mínimas permisibles (Chow, V. 1994).

Material de Arrastre	Velocidad Mínima (m/s)
Arcilla	0,08
Arena Fina (diámetro 2mm)	0,16
Arena Gruesa (diámetro 5mm)	0,21
Gravilla (diámetro 8mm)	0,32
Grava (diámetro 25mm)	0,65

❖ **Velocidad máxima permisible:** es la mayor velocidad que no ocasionará erosión en el canal. En canales revestidos puede no considerarse siempre y cuando el agua no transporte arena, grava o piedra, si la velocidad es muy alta el agua puede mover los bloques del revestimiento y empujarlos fuera de su posición, el diseño del revestimiento debe contemplar esta posibilidad.

En canales revestidos de concreto se recomienda $V < 2.1\text{m/s}$ y $Fr < 0.8$ (sin reforzamiento), $V < 5.5\text{ m/s}$ (con refuerzo) (Chow, V. 1994) (Tabla 3.8).

Tabla 3.8 Velocidades máximas permisibles (Chow, V. 1994).

Material	Velocidad Máxima (m/s)
Concreto $R_{cc28} = 210\text{ Kgf/cm}^2$	5,0
Concreto $R_{cc28} = 280\text{ Kgf/cm}^2$	6,0
Concreto $R_{cc28} = 350\text{ Kgf/cm}^2$	7,50
Concreto $R_{cc28} = 420\text{ Kgf/cm}^2$	9,50
Arcilla Vitrificada	6,0
Asbesto – Cemento	4,5
PVC (Cloruro de polivinilo)	4,5
Hierro Fundido	Sin límite

3.2.12.2 Canales revestidos en pasto (no-erosionables)

La presencia de pastos o vegetación en los canales dan como resultado turbulencia considerable, lo cual significa pérdidas de energía y retardo en el flujo. Sin embargo, para canales en tierra utilizados para conducir agua en terrenos de cultivos a menudo se encuentra que un recubrimiento de pastos puede ser ventajoso y conveniente. El pasto estabiliza el cuerpo del canal y el movimiento de partículas de suelo a lo largo del fondo del canal (Chow, V. 1994).

❖ Coeficiente de retardo: el coeficiente de Manning de rugosidad para canales en pasto se conoce específicamente como coeficiente de retardo. De acuerdo con la investigación hecha por Soil Conservation Service, se encontró que la n de Manning para una sola clase de pasto variaba dentro de un amplio rango según la profundidad

de flujo, la forma y pendiente del canal. Luego, la selección de un valor de diseño para n sería casi imposible. Por fortuna, se descubrió que el coeficiente de retardo n mantiene cierta relación con el producto de la velocidad media del flujo V y el radio hidráulico R . Esta relación es característica de la vegetación independiente de la inclinación y forma del canal. Por consiguiente, se presenta a continuación una figura que muestra n versus VR para cinco grados diferentes de retardo: muy alto, alto, moderado, bajo, muy bajo. La clasificación del grado de retardo se basa en la clase de vegetación y la condición de crecimiento, como se describe en la Tabla 3.9 (Figura 3.6) (Chow, V. 1994).

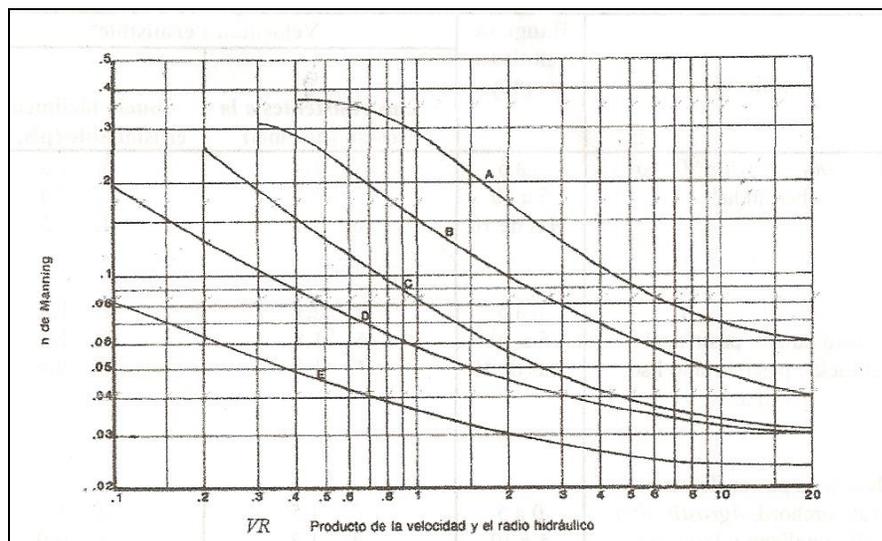


Figura 3.6 Coeficiente de retardo n (Chow, V. 1994).

Tabla 3.9 Clasificación del grado de retardo para diferentes clases de Vegetación (Chow, V. 1994).

Retardo	Cubierta	Condición
A. Muy alto	1. Pasto amor lloroso. 2. Ischaemum amarilla tallo azul.	Excelente densificación, alto (30 puIgprom.). Excelente densificación, alto (36 puIgprom.).
B. Alto	1. Kudzu. 2. Pasto Bermuda. 3. Mezcla de pasto nativo (tallo azul pequeño, pasto azul, y otros pastos largos y cortos del Mediooeste). 4. Pasto amor lloroso. 5. Lespedeza Sericea. 6. Alfalfa. 7. Pasto amor lloroso. 8. Kudzu. 9. Pasto azul	Crecimiento muy denso, sin cortar. Buena densificación, alto (12 puIgprom.). Buena densificación sin podar. Buena densificación alto (24 puIgprom.). Buena densificación, no boscosa, alta (19 puIgprom.). Buena densificación, sin cortar (11 puIgprom.). Buena densificación, podado (13 puIgprom.). Crecimiento denso, sin cortar. Buena densificación, sin cortar (13 puIgprom.).
C. Moderado	1. Pasto cangrejo 2. Pasto Bermuda 3. Lespedeza común 4. Mezcla de pastos de verano y leguminosas (pastos de huerta, forrajes, ryegrass italiano y lespedeza común). 5. Pasto ciempiés. 6. Pasto azul Kentucky.	Regular densificación, sin cortar (10 a 48 puIg.). Buena densificación, podado (6 puIgprom.). Buena densificación, sin cortar (11 puIgprom.). Buena densificación, sin cortar (6 a 8 puIg). Cubierta muy densa (6 puIgpom.). Buena densificación, hacia arriba (6 a 12 puIg).

Continuación de la Tabla 3.9.

Retardo	Cubierta	Condición
D. Bajo	1. Pasto Bermuda. 2. Lespedeza común. 3. Pasto búfalo. 4. Mezcla de pastos y leguminosas de otoño o primavera (pastos de huerta, forrajes, ryegrass italiano y lespedeza común). 5. Lespedeza serícea.	Buena densificación, cortado a 2.5 puIg de alto. Excelente densificación, sin cortar (4.5 puIgprom.). Buena densificación, sin cortar (3 a 6 puIg). Buena densificación, sin cortar (4 a 5 puIg). Después de cortar hasta 2 puIg de altura, muy buena densificación después del corte.
E. Muy Bajo	1. Pasto Bermuda. 2. Pasto Bermuda.	Buena densificación, cortado a 1.5 puIg de alto. Rastrojo quemado.

❖ Selección del pasto: la selección del pasto para el recubrimiento de un canal depende principalmente del clima y del suelo en el cual las plantas crecerán y sobrevivirán bajo las condiciones determinadas. Desde el punto de vista hidráulico, también deben considerarse la estabilidad y otros factores. En general, un caudal grande requiere un recubrimiento más fuerte y mejor. En pendientes empinadas, los pastos de Manojó, como la Alfalfa, la Lespedeza, y el Kúdzú, desarrollarán canalizaciones para el flujo y, por consiguiente, son poco adecuados como revestimiento vegetal. Para pendientes superiores al 5%, sólo pastos finos y uniformemente distribuidos, como el pasto Bermuda, el pasto azul Kentucky y pastos lisos se recomiendan para recubrimientos en los canales donde ocurre el flujo principal.

Debido a la molesta naturaleza de propagarse que tienen los pastos que forman césped, la parte superior de los lados y la berma del canal pueden plantarse con pastos que no se propaguen con facilidad, como el pasto Amor Lloroso (Chow, V. 1994).

❖ Velocidad permisible: la velocidad permisible de flujo en un canal de pasto, es aquella velocidad que evitara erosión severa en el canal durante un periodo razonable. Las velocidades permisibles para diferentes cubiertas vegetales, inclinaciones de canal y condiciones del suelo, recomendadas con base en la investigación de Soil Conservation Service (Chow, V. 1994) (Tabla 3.10).

Tabla 3.10 Velocidades Máximas permisibles en canales revestidos con pasto (Chow, V. 1994).

Cubierta	Rango de pendientes (%)	Velocidad Permissible	
		Suelos resistentes a la erosión (m/s)	Suelo fácilmente erosionable (m/s)
Pasto Bermuda	0 a 5	2.4	1.8
	5 a 10	2.1	2.0
	Más de 10	1.8	1.2
Pasto búfalo, pasto azul Kentucky, pasto bromo liso, pasto Azul.	0 a 5	2.1	1.5
	5 a 10	1.8	1.2
	Más de 10	1.5	0.9
Mezcla de Pasto de verano (zacate orchard, <i>Agrostis alba</i> , ballico italiano y lespedeza común), Pasto	0 a 5	1.5	1.2
	5 a 10	1.2	0.9
Lepedeza seríceca, pasto amor lloroso, <i>ischaemum</i> (amarilla tallo azul), kudzu, alfalfa, pasto cangrejo.	0 a 5	1.05	0.75
Mezcla de pastos de primavera (zacate orchard, ballico italiano, <i>Agrostis alba</i> , lespedeza común), Pasto Sudan	0 a 5	1.05	0.75

3.2.12.3 Canales no revestidos (erosionables)

Los canales artificiales no revestidos por lo general son erosionables, salvo aquellos excavados en roca. El comportamiento del flujo en un canal erosionable está influido por tantos factores físicos y tantas condiciones de campo complejas e inciertas que el diseño preciso de tales canales, con el presente desarrollo del conocimiento, está por fuera del alcance de la teoría. La ecuación de flujo uniforme, la cual es apropiada para el diseño de canales estables no erosionables, no da una condición suficiente para el diseño de canales erosionables. Esto se debe a que la estabilidad de canales erosionables, la cual gobierna el diseño, depende

principalmente de las propiedades del material que forma el cuerpo del canal más que de la hidráulica de flujo en el canal, únicamente. Sólo después de que se obtiene una sección estable para el canal erosionable puede utilizarse la ecuación de flujo uniforme para calcular la velocidad de flujo y el canal. En la Tabla 3.11 se muestra el coeficiente de rugosidad bajo el método de Cowan, para realizar el diseño de canales abiertos no revestidos (Chow, V. 1994).

Tabla 3.11 Coeficiente de rugosidad (n de Cowan) (Chow, V. 1994).

Condiciones del Canal		Valores	
Material	Tierra, recto y uniforme	n_0	
	1. Limpio, recientemente terminado.		0,018
	2. Limpio, después de exposición a la interperie.		0,022
	3. Con Gravas, sección uniforme, limpio.		0,025
	4. Con pastos cortos, algunas malezas.		0,027
	Tierra, Serpenteante y lento		
	1. Sin vegetación.		0,025
	2. Pastos, algunas malezas.		0,030
	3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos.		0,035
	4. Fondo en tierra con lados en piedra.		0,030
	5. Fondo pedregoso y bancas con malezas.		0,035
	6. Fondo en cantos rodados y lados limpios.		0,040
Roca Excavada			
1. Lisos y uniformes.	0,035		
2. Afilados e irregulares.	0,040		
Grado de Irregularidad Superficial	1. Ninguno, como una superficie lisa.	n_1	0,000
	2. Escaso, como en los canales bien dragados o aquellos con los lados algo socavados.		0,005
	3. Moderado, como en los canales con taludes socavados.		0,01
	4. Notable, como en los canales muy socavados, o aquellos excavados en roca, sin ningún acabado.		0,020
Variación en forma y tamaño de la	1. Gradual.		0,000
	2. Ocasional.		0,005

Continuación de la Tabla 3.11.

Condiciones del Canal		Valores	
Sección	3. Frecuente	n_2	0,0125
Efecto de Obstrucciones	1. Despreciable.	n_3	0,000
	2. Escaso, como cuando los arrastres obstruyen algo el paso del agua.		0,0125
	3. Apreciable, como cuando se ven raíces y árboles que obstruyen el paso.		0,0225
	4. Notables, como cuando hay grandes troncos atascados, carameras grandes, etc.		0,050
Vegetación	1. Baja: Hierbas flexibles, la profundidad del agua es tres veces la altura de la vegetación predominante.	n_4	0,0075
	2. Media: Hierbas, arbustos; la profundidad del agua es como dos veces la altura de la vegetación predominante.		0,0175
	3. Alta: Hierbas, pequeños arboles; la profundidad del agua es comparable a la altura de la vegetación predominante.		0,0375
	4. Muy Alta: la profundidad del agua es como la mitad de la altura de la vegetación predominante.		0,075
Efectos de los meandros (*)	1. Escasos: L_m / L_s entre 1,0 y 1,2 2. Apreciable: L_m / L_s entre 1,2 y 1,5 3. Notable: L_m / L_s mayor de 1,5	m_5	1,00 1,15 1,3

(*) L_m es la longitud del tramo medida a lo largo del curso del agua y L_s es la longitud del tramo medida en línea recta.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5 \quad (3.5)$$

Dónde:

n_0 = Valor base para cauces rectos y uniformes. Se obtiene de la Tabla 3.11.

n_1 = Valor adicional por la irregularidad en la sección recta.

n_2 = Valor adicional por variaciones en el cauce.

n_3 = Valor adicional por obstrucciones.

n_4 = Valor adicional por vegetación.

m_5 = Factor multiplicador por sinuosidad.

3.2.13 Pasos para el diseño de canales revestidos

A continuación se presenta los pasos para el diseño de canales revestidos de acuerdo a sus procedimientos de cálculo:

a) Estimar el caudal Q (estudio hidrológico), se determina con la siguiente ecuación de Darcy:

$$Q = V \cdot A \quad (3.6)$$

Donde:

Q : Caudal en m^3/s .

V : Velocidad media en m/s .

A : Área de la sección del canal en m^2 .

b) Seleccionar el tipo de revestimiento a trabajar y su coeficiente de rugosidad (n de Manning), a través de la Tabla 3.6.

c) Determinar el espesor de revestimiento del canal tomando en cuenta el caudal seleccionado previamente y el tipo de revestimiento, lo cual a través de la siguiente tabla 3.14 se muestran los más empleados para el diseño de canales revestidos:

Tabla 3.12 Espesores de revestimientos en m (Beltrán, 2004).

Caudal (Q) m^3/s	Concreto sin refuerzos (CEMENTO PORTLAND)	Concreto Asfáltico	Concreto con refuerzos (CEMENTO PORTLAND)
0	6,3	6,5	8,8
5	6,3	6,5	8,8
10	6,3	8,1	8,8
20	7,6	8,1	10,2
40	7,6	8,1	10,2
60	8,8	10,1	11,3
80	8,8	10,1	11,3
100	8,8	10,1	11,3
120	10,2	10,1	11,3
140	10,2	10,1	11,3

d) Según la topografía se decide la forma de la sección transversal del canal, a través de la Tabla 3.2.

e) Escoger la pendiente longitudinal o de fondo (S) según el criterio del diseñador.

f) Seleccionar la pendiente lateral (z) según el criterio del diseñador (Tabla 3.4).

g) A partir de la Tabla 3.3, se determina la profundidad de flujo (y) o la base del canal (b), de acuerdo a la incógnita que el diseñador desea determinar. Para poder obtener el valor de la incógnita se debe sustituir primeramente en la ecuación 3.8 las expresiones Q , n , b , S para así obtener el factor de descarga (K) o en la ecuación 3.7 las expresiones Q , n , y , S para obtener el factor de descarga (K). una vez que se tiene K , este valor se lleva a la tabla y se determina la profundidad de flujo o la base del canal.

$$K = \frac{Q^n}{b^{5/3} n S^{1/2}} \quad (3.7)$$

Donde:

K: Factor de descarga.

Q: Caudal en m³/s.

n: Coeficiente de rugosidad (n de Manning).

b: Base del canal en m³.

S: Pendiente longitudinal o de fondo.

$$K = \frac{Q^n}{y^{5/3} n S^{1/2}} \quad (3.8)$$

Donde:

K: factor de descarga.

Q: caudal en m³/s.

n: coeficiente de rugosidad (n de Manning).

y: profundidad de flujo en m.

S: pendiente longitudinal o de fondo.

h) Determinar los elementos geométricos del canal seleccionado a través de la Tabla 3.1 que presenta los canales abiertos en condiciones óptimas o en la Tabla 3.2 para canales abiertos en general.

i) Seleccionar la velocidad mínima permisible para el diseño del canal abierto revestido a partir de la Tabla 3.7 donde se considera el material de arrastre a esa velocidad.

j) Elegir la velocidad máxima permisible por medio de la Tabla 3.8.

k) Determinar la velocidad de diseño a través de la siguiente ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (3.9)$$

Donde:

V: Velocidad media del flujo en m/s.

n: Coeficiente de rugosidad (*n* de Manning).

R: Radio hidráulico del canal en m.

S: Pendiente de fondo del canal.

Se debe revisar la velocidad mínima permisible si el agua mueve sedimento. De ser necesario, revise la velocidad máxima permisible. Se debe considerar que la velocidad de diseño se encuentre entre la velocidad mínima y máxima permisible. ($V_{\min} \leq V_{\text{diseño}} \leq V_{\max}$).

l) Calcular el borde libre (BL), Tope de recubrimiento de tierra (Rt) y Tope de recubrimiento de roca o concreto (Rc), apropiado a la profundidad de la sección del canal a través de la figura 3.4 o también de la tabla 3.13.

Tabla 3.13 Borde libre, tope de recubrimiento de tierra y tope de recubrimiento de concreto (Bolinaga, J. 1979).

Caudal <i>Q</i> (m³/s)	Tope de recubrimiento de tierra RT (m)	Tope de recubrimiento de roca o concreto RC (m)	Borde superior del canal o Borde libre BL (m)
0,5	0,16	0,16	0,40
0,6	0,15	0,15	0,41
0,7	0,15	0,15	0,42
0,8	0,15	0,15	0,43

Continuación de la Tabla 3.13.

0,9	0,16	0,16	0,45
1,0	0,16	0,16	0,48
1,5	0,16	0,17	0,52
2,0	0,16	0,18	0,55
2,5	0,16	0,18	0,59
3,0	0,18	0,19	0,62
3,5	0,18	0,20	0,64
4,0	0,18	0,21	0,66
4,5	0,19	0,23	0,69
5,0	0,19	0,23	0,70
5,5	0,19	0,25	0,71
6,0	0,19	0,25	0,73
7,0	0,19	0,27	0,78
8,0	0,19	0,28	0,79
9,0	0,20	0,30	0,82
10	0,20	0,31	0,85
15	0,23	0,35	0,92
20	0,25	0,40	1,00
25	0,27	0,42	1,02
30	0,30	0,45	1,08
35	0,32	0,49	1,11
40	0,33	0,50	1,13
45	0,35	0,52	1,18
50	0,35	0,53	1,20
60	0,37	0,56	1,25
70	0,38	0,59	1,28
80	0,40	0,61	1,30
90	0,41	0,63	1,34
100	0,42	0,65	1,36
150	0,49	0,73	1,50
200	0,52	0,79	1,55
250	0,55	0,83	1,62
300	0,58	0,88	1,68
350	0,59	0,91	1,72
400	0,60	0,93	--
500	0,63	0,98	--

m) Presentar los resultados de los pasos anteriores en un dibujo que muestre todas las dimensiones del canal.

3.2.14 El ambiente

El ambiente es el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química, biológica, sociocultural y de sus interrelaciones, en permanente modificación por la acción humana o natural que rige o condiciona la existencia o desarrollo de la vida.

Está constituido por elementos naturales como los animales, las plantas, el agua, el aire, y artificiales como las casas, las autopistas, los puentes, entre otros, e incluye aquellas cosas que son producto del hombre y que lo incluyen. Por ejemplo, las ciudades son el resultado de la sociedad humana y forman parte del ambiente, la cultura de un pueblo también, sus costumbres, sus creencias.

3.2.15 Factores principales que afectan al medio ambiente

A lo largo de la historia los hombres han alterado los equilibrios ambientales, suprimiendo sistemas socioeconómicos a las estructuras naturales de los ecosistemas donde hoy en día toda la selva está amenazada por la acción del hombre quien, ha causado destrucción de los bosques, de las áreas de suelo agrícola y la mayoría de las grandes cuencas hidrográficas.

Los motivos de la destrucción del medio ambiente son varios como el derramen de petróleo (contaminan el mar), el gran aumento de la población destruye habitats naturales por el avance de las ciudades, la lluvia ácida producida por gases industriales envenena el agua y daña animales y plantas, las industrias producen un 90% de residuos tóxicos, el aumento de la pesca no permite la conservación de los recursos pesqueros y hay muchas especies marinas en peligro, la contaminación del agua, los desechos sólidos domésticos, los desechos sólidos industriales, exceso de fertilizante y productos químicos, la quema, la tala de árboles, tirar basura en la calle,

el monóxido de carbono de los vehículos, el desagües de aguas negras o contaminadas al mar o ríos, entre otros factores.

La contaminación es cualquier tipo de daño permanente que se haga al medio ambiente, no sólo existe la contaminación ambiental, también existen otros tipos de contaminación como del suelo y del agua y los tipos de contaminación más importantes son los que afectan a los recursos naturales básicos como el aire, los suelos y el agua.

Existen diferentes tipos de contaminación que dependen de determinados factores y que afectan distintamente a cada ambiente.

3.2.15.1 Contaminación del agua

El agua se considera contaminada cuando presenta materia extraña indeseable que deteriora su calidad y la hace inaprovechable. En todo caso, el grado de deterioro de la calidad del agua dependerá de la calidad de materia extraña que se le haya adicionado así como el tipo de materia o agentes contaminantes que contenga (Fernández S. y Hurtado M. 2.004).

Los agentes contaminantes, inciden directamente sobre los recursos hídricos, pudiendo considerarse dentro de ellos, con mayor acción dentrificadora, a los desechos químicos provenientes de industrias tales como pinturas, construcción, mataderos industriales, desechos domésticos, etc., que son arrojados directamente a las vertientes de agua o a las redes de cloacas de la ciudad.

Las aguas servidas (negras) contienen cantidades variables de sustancias fecales, trozos de alimentos, basura, papel, astillas y otros residuos de las actividades

cotidianas de las comunidades, siendo uno de los principales agentes contaminantes (Fernández S. y Hurtado M. 2.004).

Los principales contaminantes de los caudales son las aguas residuales, los agentes infecciosos, los nutrientes vegetales, todos los productos químicos, los sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por lluvia y también las sustancias radiactivas. (Fernández S. y Hurtado M. 2.004).

3.2.15.2 Contaminación del aire

Se denomina a la adición de elementos tóxicos como el CO. Este tipo de contaminación afecta al bienestar de las personas, animales y plantas de forma negativa.

3.2.15.3 Contaminación del suelo

Cuando se introduce material extraño y dañino en las capas terrestres. Estos contaminantes producen un desequilibrio físico, químico y biológico en el suelo.

Otras perturbaciones medioambientales graves relacionadas con los fenómenos de contaminación son los escapes radiactivos, el smog, la lluvia ácida, los gases de efecto invernadero, las mareas negras y la destrucción de la capa de ozono.

3.2.16 Consecuencias de la contaminación ambiental

3.2.16.1 Degradación medio ambiental

El medio ambiente es la primera víctima del incremento de la contaminación en el aire y en el agua, el cual, el incremento de la cantidad de CO₂ en la atmósfera conduce a la creación de la capa de niebla que rodea nuestro planeta, restringiendo que algunos rayos de sol entren en la superficie; por lo que, si sigue aumentando, podría llegar a evitar el proceso de fotosíntesis de las plantas ya que los gases como el sulfuro de dióxido o el óxido nitroso pueden causar la lluvia ácida, mientras que el derrame de un combustible como el petróleo, en aguas marinas puede desencadenar la muerte de muchas especies de animales y plantas.

3.2.16.2 La salud humana

El decremento de la calidad del aire conduce a problemas respiratorios incluyendo asma y cáncer de pulmón, dolor torácico, congestión, inflamación de garganta, enfermedad cardiovascular, enfermedad respiratoria, son algunas de las enfermedades que puede generar la contaminación aérea. Por su parte, la contaminación del agua puede desencadenar irritaciones en la piel y erupciones y forma similar, la contaminación acústica puede provocar pérdida de audición, estrés o perturbación del sueño.

3.2.16.3 El calentamiento global

La emisión de gases efecto invernadero, como el CO₂, está causando el calentamiento global, cada día una nueva empresa se está estableciendo, nuevos

vehículos aparecen en la carretera y nuevos árboles son cortados para construir nuevas casas.

Todo esto, de forma directa o indirecta, incrementa la concentración de CO₂ en el ambiente, lo que conduce a que las capas de hielo polares se derritan, incrementando el nivel del mar, poniendo en riesgo tanto a las personas como a los animales que habitan estos lugares.

3.2.16.4 Agotamiento de la capa de ozono

La capa de ozono es el delgado escudo que se encuentra en el cielo impidiendo que los rayos ultravioleta alcancen la Tierra donde el resultado de las actividades humanas o de los químicos como los clorofluorocarbonos (CFCs) liberados a la atmósfera, contribuyen al agotamiento de la capa de ozono.

3.2.16.5 Tierra infértil

Debido al uso constante de insecticidas y pesticidas, en un futuro, el suelo se volverá infértil y las plantas no serán capaces de crecer adecuadamente, varias formas de químicos producidos por los residuos industriales son liberadas al medio acuático, afectando a la calidad del suelo.

La contaminación no solo afecta a los humanos destruyendo su sistema respiratorio, cardiovascular y neurológico; también afecta a la naturaleza, a las plantas, a las frutas, a los vegetales, a los ríos, a los bosques y a los animales, de todos depende su supervivencia, es crucial controlar la contaminación, debemos darnos cuenta que tanto la naturaleza, como los animales y la vida son regalos preciosos de la humanidad.

3.2.17 Diferentes tipos de contaminantes

- a. Sólidos: la basura como por ejemplo los restos de materia orgánica y envases.
- b. Líquidos: las llamadas aguas negras con desechos industriales y derrames de combustibles como el petróleo.
- c. Gaseosos: resultantes de quemar combustibles fósiles y derivados del petróleo.
- d. No degradables: estos contaminantes no se descomponen por procesos naturales. Ejemplos de ellos son el plomo y el mercurio. Se debe evitar arrojarlos al medio ambiente porque cuando ya han contaminado es muy costoso o imposible eliminarlos.
- e. Degradación lenta: estos necesitan décadas o más tiempo para degradarse. Ejemplo de ellos son los plásticos y el DDT utilizado en insecticidas.
- f. Degradables: se descomponen completamente o se reducen a niveles aceptables mediante procesos naturales físicos, químicos y biológicos.
- g. Biodegradables: son los contaminantes químicos complejos que por la acción de organismos vivos, se descomponen en compuestos químicos más sencillos. Ejemplo de ellos son las aguas residuales humanas en un río.

La contaminación afecta a todo el planeta, tanto a las personas como al resto de los seres vivos. La contaminación del agua, del suelo y del aire perjudica de forma seria la vida de muchos animales en vías de extinción y de una gran variedad de plantas.

Encontrar soluciones a la contaminación del planeta es tarea de todos, empezar reciclando en los hogares, en las oficinas, en las empresas y en la calle:

1. Utilizar productos biodegradables

2. Reciclar los materiales más contaminantes.
3. No realizar actividades que dañen al medio ambiente
4. Mantener un control en el uso de pesticidas y fertilizantes.
5. Usar más la bicicleta y menos el coche

La humanidad tiene muchas razones para cuidar el medioambiente y frenar los graves efectos de la contaminación. La contaminación de los suelos, el aire y el agua son algunas de las causas del cambio climático, mal que afecta a millones de personas alrededor del mundo.

3.2.18 Origen de la contaminación del agua

En el caso de las aguas residuales tienen su origen doméstico, industrial, subterráneo y meteorológico o pluvial. Las aguas residuales domesticas son el resultado de actividades cotidianas de las personas. La cantidad y la naturaleza de los vertidos industriales son muy variadas, dependiendo del tipo de industria, de la gestión de su consumo de agua y el grado de tratamiento que los vertidos reciben antes de su descarga (Fernández S. y Hurtado M. 2.004).

La infiltración se produce cuando se sitúan por debajo del nivel freático o cuando el agua de lluvia se filtra hasta el nivel de la tubería. Además los agentes infecciosos provienen de bacterias que se encuentran en las aguas contaminadas.

Los nutrientes vegetales son los responsables de estimular el crecimiento de plantas acuáticas.

A lo que se refiere a la contaminación a través de productos químicos, incluyendo los pesticidas, productos industriales, detergentes y especialmente el petróleo son altamente contaminantes.

Las sustancias radiactivas procedentes de los residuos generados por la minería y el refinado del Uranio y el Torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radioactivos son altamente contaminantes.

En el caso de calor puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energética hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen (Fernández S. y Hurtado M. 2.004).

3.2.19 Efectos de la contaminación del agua

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana. La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua puede producir enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El Cadmio presente en los fertilizantes derivados del Cieno o Lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidades suficientes, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones. Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el Mercurio, el Arsénico y el Plomo.

Los lagos son especialmente vulnerables a la contaminación. Existe un problema con respecto a la eutrofización, esta se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, lo que genera un crecimiento anormal de las plantas. Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua desde los campos de cultivo pueden ser los responsables. El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos, como el mal sabor y olor, y un cúmulo de algas o verdín desagradable del oxígeno en las aguas más profundas y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos, tales como la

precipitación del Carbonato de Calcio en las aguas duras (Fernández S. y Hurtado M. 2.004).

3.2.20 Impacto ambiental

Se refiere a la alteración o modificación positiva o negativa de la calidad ambiental, provocada o inducida en forma directa o indirecta, voluntaria o involuntaria, por cualquier acción del ser humano o de la naturaleza.

Los seres humanos han ido modificando su entorno como consecuencia del crecimiento y flujos de la población, así como del aumento y cambios de las necesidades de las personas y del aumento en la complejidad de las sociedades, esto se refleja en las actividades que realizan, tanto en los tipos de actividades como en los modos en que las llevan a cabo.

Actualmente, las alteraciones provocadas por las personas comprenden casi todos los aspectos del mundo natural como el agua, el aire, el suelo, la flora, la fauna y todos los ecosistemas, tanto terrestres como marinos, ocasionando la modificación acelerada de su hábitat, el agotamiento de los recursos naturales y la extinción de miles de especies donde las causas se encuentran en la disposición de los residuos sólidos y peligrosos que generan, la contaminación del agua y del aire y la sobreexplotación de los recursos naturales.

Es deseable suministrar agua de una calidad tal que se proteja la salud de los usuarios, las aguas servidas y desechos producidos por las comunidades pueden deteriorar el ambiente y degradar la calidad de las aguas superficiales receptoras de aguas servidas si los vertimientos se hacen en forma indiscriminada.

Las causas de la contaminación de las aguas son numerosas y se manifiestan sobre el medio ambiente, varían dependiendo de la naturaleza e importancia de los desechos cuando modifican al ecosistema en general de manera notable y alarmante (Fernández S. y Hurtado M. 2.004).

3.3 Bases legales

Para la realización de esta investigación, es necesario regirse por las leyes, normas y reglamentos que establecen los parámetros necesarios para la caracterización hidráulica y ambiental en el canal de drenaje.

3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

Promulgada el 20 de Diciembre de 1999. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.453, (Extraordinaria), 24 de Marzo de 2000. Enmendada (15 de Febrero 2009). Publicada en Gaceta Oficial N° 5.908 (Extraordinaria) el 19 Febrero de 2009. 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, los recursos genéticos, 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.

Artículo 128. El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento.

3.3.2 Ley Orgánica del Ambiente

Publicada y promulgada en Gaceta Oficial N° 5.833 (Extraordinaria) el 22 Diciembre de 2006.

Artículo 2. A los efectos de la presente Ley, se entiende por gestión del ambiente el proceso constituido por un conjunto de acciones o medidas orientadas a diagnosticar, inventariar, restablecer, restaurar, mejorar, preservar, proteger, controlar, vigilar y aprovechar los ecosistemas, la diversidad biológica y demás recursos naturales y elementos del ambiente, en garantía del desarrollo sustentable.

Artículo 12. El Estado, conjuntamente con la sociedad, deberá orientar sus acciones para lograr una adecuada calidad ambiental que permita alcanzar condiciones que aseguren el desarrollo y el máximo bienestar de los seres humanos, así como el mejoramiento de los ecosistemas, promoviendo la conservación de los recursos naturales, los procesos ecológicos y demás elementos del ambiente, en los términos establecidos en esta Ley.

3.3.3 Decreto Extraordinario de la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.453

La norma de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela, número extraordinario: 5318, proporcionó información relevante y necesaria para esta investigación, ya que estas rigen las condiciones que deben ser cumplidas para esta evaluación hidráulica ambiental del canal.

Artículo 3.15: Los coeficientes de escorrentía a utilizar, con respecto al tipo de superficie son los siguientes (Tabla 3.14):

Tabla 3.14 Coeficientes de escorrentía según el tipo de superficie (Gaceta Oficial N°5318, Art. 3.15, 1999).

Características de la Superficie	Coefficiente de Escorrentía
Pavimento de concreto	0,70 a 0,95
Pavimento de asfalto	0,70 a 0,95
Pavimento de ladrillos	0,70 a 0,85
Tejados y azoteas	0,75 a 0,95
Patios pavimentados	0,85
Caminos de gravas	0,30
Jardines y zonas verdes	0,30
Praderas	0,20

Artículo 3.16: El rango de variación de los coeficientes promedio para las distintas zonas (Tabla 3.15).

Tabla 3.15 Coeficientes de escorrentía promedios para distintas zonas (Gaceta Oficial N° 5318, Art. 3.16, 1999).

Zona	Coefficiente de Escorrentía
Comercial, en el centro de la localidad	0,70 a 0,95
Comercial, en otra ubicación	0,50 a 0,70
Residencia unifamiliar	0,30 a 0,50
Residencia multifamiliar separadas	0,40 a 0,60
Residencia multifamiliar agrupadas	0,60 a 0,75
Residencias suburbanas	0,25 a 0,40
Zona Industrial	0,50 a 0,60
Parques y cementados	0,10 a 0,25
Parques de juegos	0,20 a 0,35

Artículo 3.22: Coeficiente de rugosidad: los valores del coeficiente de rugosidad “n” a utilizar según el material de los colectores serán los siguientes (Tabla 3.16).

Tabla 3.16 Coeficiente de rugosidad de acuerdo al material (Gaceta Oficial N°5318, Art. 3.22, 1999).

Material	“n”
a) Colectores cerrados prefabricados	
P.V.C	0,012
P.E.A.D	0,012
Fiberglass	0,012
Acero	0,012
Hierro fundido	0,012
Hierro fundido dúctil	0,012
Arcilla virificada	0,013
Concreto ($\varnothing > 61\text{cm}$ (24”))	0,013
Concreto ($\varnothing < 53\text{cm}$ (21”))	0,015
b) Colectores cerrados vaciados en sitio	
Concreto	0,014
c) Canales	
Revestimiento de asfalto	0,015
Revestimiento de concreto	0,015
Excavados en tierra	0,022-0,030
Lechos pedregosos y taludes con grama	0,035

Artículo 3.23: Velocidad mínima: la velocidad mínima a sección llena, en colectores de alcantarillados de aguas servidas será de 0,6 m/s. La velocidad mínima a sección llena, en colectores de alcantarillados de aguas pluviales y únicos, será de 0,75 m/s.

Artículo 3.24: Velocidad máxima: la velocidad máxima a sección llena en colectores de alcantarillado, dependerá del material a emplear en los mismos.

Las velocidades máximas admisibles, según el material de los colectores se muestran en la Tabla 3.17:

Tabla 3.17 Velocidades máximas admisibles según el material de los colectores (Gaceta Oficial N° 5318, Art. 3.24, 1999).

Material de la tubería	Velocidad límite en m/s
a) Concreto	
Rcc28 = 210 kg/cm ²	5,00
Rcc28 = 280 kg/cm ²	6,00
Rcc28 = 350 kg/cm ²	7,50
Rcc28 = 420 kg/cm ²	9,50
b) Arcilla vitrificada	6,00
c) PVC	4,50
d) Hierro fundido, acero	Sin límite

Artículo 3.28: Pendientes mínimas: la pendiente mínima de los colectores de un sistema de alcantarillado, estará determinado por las velocidades mínimas admisibles a sección llena.

Artículo 3.29: Pendientes máximas: las pendientes máximas de los colectores de un sistema de alcantarillado, serán los correspondiente a las velocidades máximas admisibles a sección llena, según el material empleado en los mismos.

Artículo 3.91: Planos de un sistema de alcantarillado para aguas pluviales: se ejecutaran en escalas 1:1000; 1:2000 o 1:2500, según corresponda en cada caso, en tantas hojas como sea necesario. Los planos de plantas del sistema se realizaran dibujando en el plano topográfico con curvas de nivel de la localidad y alrededores, los colectores, bocas de visita y sumideros, indicando además:

1. Límites del área a drenar.
2. Nombre de cada calle existente o en proyecto, así como el de los barrios y otros.
3. Ríos, quebradas y zanjones con sus puentes, alcantarillados y otros.
4. Plazas, parques y jardines públicos.
5. Edificios y lugares importantes, como aeródromos, estadios, cuarteles, hospitales, escuelas y otros.
6. Fuentes públicas de abastecimiento de agua, instalaciones de tratamiento de agua, pozos depósitos y otros.
7. Instalaciones de aguas servidas, estaciones de bombeos y otras obras.
8. Zanjales de posible extensión futura de la localidad.
9. Autopistas, carreteras y caminos de la localidad.
10. Canales de riego, de mariología, drenajes existentes y otros servicios públicos.
11. Punto de referencia acotada (B.M).
12. Cotas de la parte superior de las tapas de las bocas de visita y de todos los puntos notables de la localidad.
13. La dirección norte-sur astronómica.

14. Divisiones de redes, tramos, indicando además el número de hectáreas de cada área tributaria y el número de red; y la escala correspondiente y referencia.
15. Canales. Se dibujaran los ejes correspondientes, debiéndose indicar además:
16. Longitud de cada tramo en metros.
17. Comienzo y fin de cada curva, con indicación del o los radios correspondientes en metros, así como la longitud de cada curva en metros.
18. Pendiente en ‰ (por mil).
19. Gasto máximo a conducir en lt/s.
20. Forma de la sección y dimensiones en metros.

El artículo 3.91 aporta una pauta que debe seguirse al momento de representar los planos en los sistemas de alcantarillados y facilitar la evaluación que se realizara en la zona de estudio, ya que en este se tendrá el detalle de los datos recolectados en campo.

3.4 Definición de términos básicos

Alcantarillados: sistema o red de alcantarillas para canalizar las aguas de lluvia. Aunque las alcantarillas son mayormente empleadas en drenaje de carreteras, puede requerirse su uso en drenaje urbano, para el cruce de un pequeño cauce natural o de un conducto abierto debajo de una vía terrestre o de un terraplén. Las alcantarillas son, por lo general, de concreto de sección rectangular, circular o tipo herradura, o bien metálicas de tipo abovedada o circular (French, R. 1988).

Aguas Servidas: son las aguas residuales domésticas y que son el resultado de las actividades cotidianas de las personas. Por ejemplo, la que eliminamos a través de los lavaplatos, artefactos sanitarios, etc. Esta agua contiene cantidad de agentes contaminantes y gérmenes lo que obliga a evacuarlas de forma segura, tanto para las personas, como para el medio ambiente (Arocha, S. 1983).

Área Tributaria: esta se realiza para saber la descarga de agua o desagüe dentro de un urbanismo por cada vivienda, la superficie que le corresponde a un elemento por su posición dentro del sistema estructural, la cual se transforma en carga puntual o carga repartida, ya sea uniforme o variable (Arocha, S. 1983).

Canales: son conducciones que se utilizan en sistemas de suministro de agua y en sistemas de drenaje de aguas lluvias. Los sistemas de drenaje de aguas lluvias constan de un canal principal y una serie de ramales secundarios y terciarios que captan en sus recorridos los caudales de escorrentía que se generan en sus áreas de influencia (Naudascher, E. 2008).

Canales naturales: también se conocen como corrientes naturales; toman los nombres de ríos, quebradas, arroyos, caños o zanjones de acuerdo con su importancia. Se caracterizan porque su caudal es variable, transportan material sólido como carga de fondo o en suspensión, están sometidos a procesos de socavación y de sedimentación, cambian de curso, forman brazos e islas, sufren continuos ataques de las corrientes contra las márgenes y pueden desbordarse generando inundaciones en las zonas aledañas (Silva, G. 2003).

Canales artificiales: se conocen simplemente como canales. Se diseñan y se para conducir volúmenes determinados de agua desde una fuente de suministro hasta un centro de consumo. Su funcionamiento está controlado y no deben estar sujetos a procesos de erosión y sedimentación. En tramos de muy baja pendiente pueden ser excavados en el terreno natural y no necesitan revestimiento; sin embargo, en la mayoría de los casos los canales son revestidos en arcilla, colchonetas, piedra pegada, losas de concreto, concreto reforzado o elementos prefabricados (Silva, G. 2003).

Canaletas: es un sistema que se utiliza para la recolección de aguas de lluvias (Arocha, S. 1983).

Cunetas: es una zanja o canal que se abre a los lados de las vías terrestres de comunicación (camino, carreteras, autovías ...) y que, debido a su menor nivel, recibe las aguas pluviales y las conduce hacia un lugar que no provoquen daños o inundaciones (Real Academia Española, 2011).

Sumidero: es el nombre del cauce que recibe el agua de la lluvia o de algún tipo de corriente superficial. El término se vincula al verbo sumir, que refiere a sumergir o hundir (Arocha, S.1983).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El contexto metodológico aspira a proporcionar y desarrollar un marco teórico-práctico en donde los investigadores puedan aplicar de manera real y objetiva, el proceso de investigación científica partiendo de la detección y planteamiento de un problema pasando por la recolección de datos hasta la fase de solución y presentación de resultados.

4.1 Tipo de investigación

Tamayo, M. (2003) define al tipo de investigación descriptiva como: “la misma comprende la descripción, registro, análisis e interpretación del fenómeno en estudio”.

La investigación realizada es de tipo descriptiva, ya que consiste en la identificación y análisis de los datos recolectados en campo, que permiten determinar aspectos de la situación actual del área de estudio. En tal sentido, el objetivo de estudio consiste en investigar situaciones a partir de la descripción de actividades, procesos y fenómenos, con el propósito de relacionar dos o más variables influyentes en dicho proceso y se obtiene información que sirva de apoyo para estudios posteriores.

4.2 Diseño de la investigación

4.2.1 Diseño documental

La investigación realizada en el presente trabajo es de tipo documental, porque analiza información escrita sobre el tema objeto de estudio.

El diseño documental consiste en un proceso basado en la búsqueda, análisis e interpretación de datos, es decir en diferentes fuentes bibliográficas impresas y digitales. Dicha información procede de tesis de grado, textos académicos e informes técnicos provenientes de la Biblioteca Central de la Universidad de Oriente (UDO) Núcleo Bolívar, así como electrónicas (publicaciones digitales en Internet), permitiendo desarrollar los fundamentos teóricos y legales del proyecto de investigación.

4.2.2 Diseño de campo

Sabino, C. (2000) en su texto "El Proceso de Investigación" señala que "la investigación de campo se basa en informaciones obtenidas directamente de la realidad, permitiéndole al investigador cerciorarse de las condiciones reales en que se han conseguido los datos" (p.142).

En el marco de los objetivos planteados al principio, la investigación se orienta hacia el desarrollo de un diseño de campo, el cual permite no solo observar de manera directa, sino recolectar los datos asociados al canal de drenaje, por medio de las técnicas de observación directa y de la entrevista no estructurada, examinando las características geométricas e hidráulicas que tiene la estructura (dimensiones, sección transversal, tipo de material utilizado), distancia y diagnóstico de la situación ambiental en la zona.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

De acuerdo con Hernández, S. (2005) una población representa: “el conjunto de todas las cosas que concuerdan con una serie de especificaciones” (p.346). En ese sentido, se puede decir que en una población se concentra una serie de personas o unidades de análisis que presentan coincidencia en aspectos concretos referidos a una determinada variable en estudio. Así Tamayo, M. (2003) señala que: “población consiste en todos los individuos u objetos de un grupo bien definido acerca de las necesidades” (p.104).

La población objeto de estudio será el canal abierto ubicado en la avenida San Francisco de Asís junto a los habitantes de la urbanización Vista Hermosa I, Ciudad Bolívar- estado Bolívar.

4.3.2 Muestra de la investigación

Tamayo, M. (2003) expresa: “Una muestra es una reducida parte de un todo, de la cual nos serviremos para describir las principales características de aquel” (p.320).

La muestra estará conformada por el tramo del canal desde la Panadería Imperial hasta la Iglesia San Francisco de Asís parroquia Vista Hermosa, Ciudad Bolívar- estado Bolívar.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

Para obtener parte de la información necesaria para desarrollar la investigación, se emplearan las siguientes técnicas:

4.4.1.1 Revisión bibliográfica

Tamayo, M. (2003) menciona: “La revisión bibliográfica, es el fundamento de la parte teórica de la investigación, y permite conocer a nivel documental las investigaciones relacionadas con el problema planteado. Presenta la teoría del problema aplicada a casos y circunstancias concretas y similares a las que se investiga” (p.325).

Se fundamentó en la recopilación y revisión de material bibliográfico existente en la Biblioteca Central de la Universidad de Oriente (UDO) Núcleo Bolívar, donde nos suministraron las tesis de grado de estudios similares al tema, las cuales fueron revisadas y seleccionadas para adaptar a la realidad del estudio. Además fueron consultados textos académicos y publicaciones digitales en Internet relacionados con hidráulica de canales abiertos, contaminación ambiental, características climáticas de la región, etc., sirviendo de apoyo para sustentar y complementar los fundamentos teóricos del proyecto de investigación.

4.4.1.2 Observación directa en el campo

Esta técnica permite ubicar y diagnosticar la problemática existente en las viviendas adyacentes al canal de drenaje, por medio de las visitas e inspección a la zona de estudio con el fin de determinar sus características hidráulicas y describir los

impactos ambientales que ayudarán a realizar la selección adecuada de las técnicas e interpretar los resultados.

4.4.1.3 Entrevista no estructurada

Según Ander-Egg, E. (1977) la entrevista no estructurada “deja una mayor libertad a la iniciativa de la persona interrogada y al encuestador, tratándose en general de preguntas abiertas que son respondidas dentro de una conversación teniendo como característica principal la ausencia de una estandarización formal”.

Para la aplicación de esta técnica de recolección de datos, se entrevistó a algunos de los habitantes del área de estudio, para conocer las características del canal abierto, el impacto ambiental ocasionado y las actividades que realizan en la avenida San Francisco de Asís.

4.4.1.4 Consultas académicas

Se efectuarán consultas al tutor académico, con el fin de establecer los parámetros del estudio a realizar, obtener orientación de los pasos a seguir para el cumplimiento de este trabajo.

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos para ser utilizados en la recolección de datos fueron:

1. Lápices y cuadernos de anotación.
2. Equipos de campo: cámara fotográfica, brújula, GPS y cinta métrica.
3. Equipos de computación y unidades de almacenamiento de información.
4. Internet.

5. Programas o software utilizados: microsoft Office: word (Editor de texto) y excel (Hojas de cálculo).

4.5 Flujograma de actividades

Esta investigación está estructurada por un plan de trabajo constituido por 5 etapas, y se presenta a continuación (Figura 4.1).

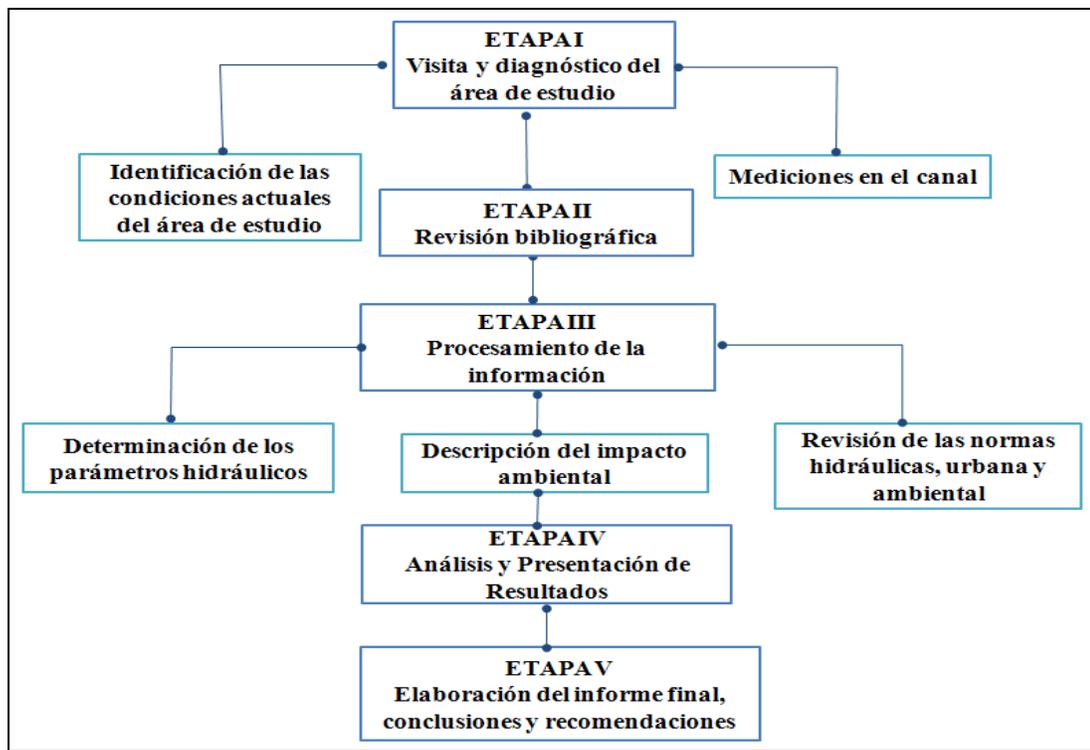


Figura 4.1 Flujograma de actividades.

4.5.1 Fase I. Visita y diagnóstico del área de estudio

En esta etapa se utilizó las técnicas de observación directa y entrevista no estructurada por medio del recorrido, mediciones y tomas de fotografías, así como para identificar las condiciones actuales del canal de drenaje ubicado en la avenida

San Francisco de Asís, y así disponer de esta herramienta de planificación para los futuros trabajos de investigación.

4.5.2 Fase II. Revisión bibliográfica

En esta etapa se logra obtener la información que se necesita a través de la revisión bibliográfica, la cual se fundamentó en la recopilación del material existente en la Biblioteca Central de la Universidad de Oriente (UDO) Núcleo Bolívar, como las tesis de grado de estudios similares al tema. Además de textos académicos, leyes y archivos digitales obtenidos de las páginas web, guardando relación con la realidad del estudio.

4.5.3 Fase III. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información obtenida en el área de estudio comprenden: determinación de los parámetros hidráulicos, descripción del impacto ambiental y revisión de las normas hidráulicas, urbana y ambiental. Esto es con el fin de establecer las recomendaciones para el mejoramiento del canal de drenaje existente.

4.5.4 Fase IV. Análisis y presentación de resultados

En esta etapa se presentan los resultados de la investigación, por medio de los análisis e interpretación de los datos obtenidos en el área de estudio.

4.5.5 Etapa V. Elaboración del informe final, conclusiones y recomendaciones

Comprende la redacción y culminación del trabajo final, desarrollando las conclusiones y recomendaciones pertinentes, siguiendo las indicaciones de formato

dada por la Sub-Comisión de Trabajo de Grado, y sirviendo para el desarrollo de futuras investigaciones sobre el tema estudiado.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Con la finalidad de lograr realizar la caracterización hidráulica y ambiental del tramo del canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís, se obtendrán los resultados en función de los objetivos específicos de esta investigación.

5.1 Diagnóstico de la situación actual del canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís, parroquia Vista Hermosa, Ciudad Bolívar - estado Bolívar

El diagnóstico de la problemática ambiental en torno al canal de drenaje se llevó a cabo mediante las técnicas de recolección como la observación directa y a las entrevistas no estructuradas realizadas a los habitantes de la urbanización Vista Hermosa I. Se observó el grado de contaminación ambiental en el canal de drenaje debido a la acumulación de aguas servidas, de desechos sólidos y orgánicos provenientes de las viviendas adyacentes, a la cobertura de maleza vegetal y a las constantes precipitaciones durante el período de lluvia. Los habitantes son perjudicados por la falta de mantenimiento, limpieza y recolección de basuras, trayendo como consecuencia en la emanación de olores desagradables y la proliferación de insectos y animales (roedores) (Figura 5.1).

El servicio de aseo urbano ha sido totalmente ineficiente debido a la falta de limpieza y recolección de basuras, cuyos efectos han generado problemas en la comunidad con hechos ocurrentes como la acumulación de desechos sólidos y el colapso del canal de drenaje durante el período de las precipitaciones, poniendo en riesgo la salud y el bienestar de los habitantes del sector. Las autoridades gubernamentales, regionales, municipales y comunales son los responsables de

dichos problemas que aquejan a la comunidad, debido a la falta de un plan de saneamiento ambiental a lo largo del canal (Figura 5.1).



Figura 5.1 Cobertura vegetal y acumulación de aguas servidas en el canal de drenaje.

La presencia de aguas servidas y desechos sólidos en la urbanización Vista Hermosa I, se ha incrementado constantemente debido a la falta de medidas necesarias para contrarrestar tales emisiones generadas por los habitantes del sector (Figura 5.2).



Figura 5.2 Presencia de aguas negras y malezas dentro del canal.

Las alteraciones ambientales se debe a la acumulación de aguas negras estancadas, y de desechos sólidos ocasionando malos olores y facilitando la proliferación de animales (roedores, gusanos), insectos (moscas, zancudos, cucarachas) y enfermedades (enfermedades gastrointestinales, dengue y hongos en la piel) perjudiciales para los habitantes.

Todos los residuos y sedimentos sólidos y arenosos acumulados en las calles, cunetas y aceras debido a la acción de las constantes precipitaciones son arrojados al canal; esto es aunado a la acumulación excesiva de los desechos sólidos por parte de los habitantes, ocasionada por las fallas del aseo urbano y la ausencia de contenedores de basura (Figura 5.3).



Figura 5.3 Parte del canal ubicado alrededor de las viviendas.

El canal abierto de drenaje ubicado en el área de estudio, fue construido como colector de aguas pluviales y residuales, debido al crecimiento y desarrollo de la comunidad. El canal se encuentra en mal estado exhibiendo socavación y erosión de sus taludes, cobertura de maleza vegetal y producto del arrastre con las aguas provenientes de las precipitaciones (Figura 5.4).

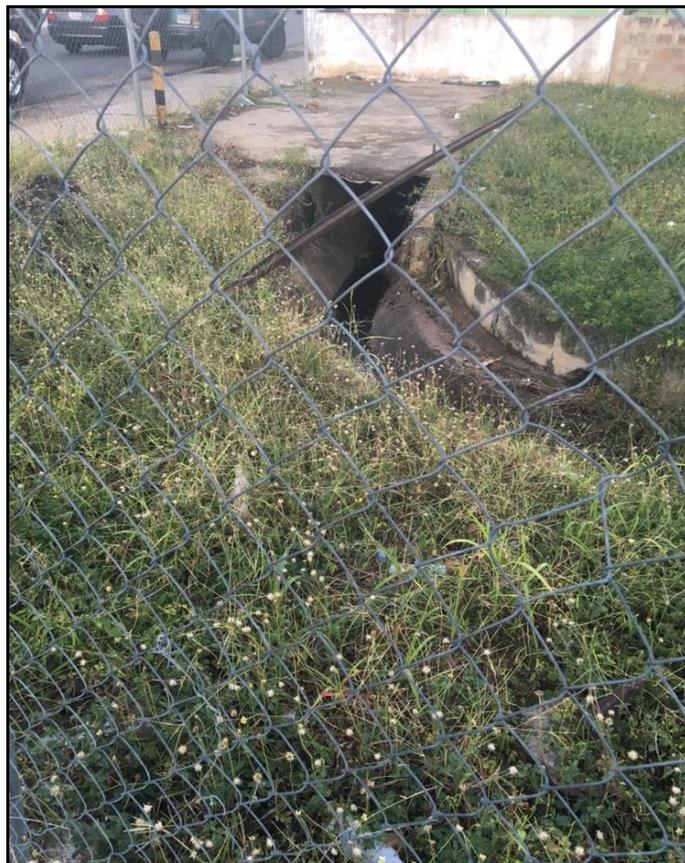


Figura 5.4 Parte del canal ubicado al frente de la Panadería Imperial.

Cabe destacar que los habitantes son causantes de esta problemática, acompañada de la falta de una política ambiental por parte de las autoridades (Gobierno nacional, Gobernación del estado Bolívar, Alcaldía del municipio Heres, Concejo Municipal de la parroquia Vista Hermosa), debido a que el aseo urbano y el mantenimiento del canal es un servicio de carácter público, y constituye una responsabilidad por parte de dichos entes (Figuras 5.5 y 5.6).



Figura 5.5 Acumulación de la maleza vegetal y aguas negras en el canal.



Figura 5.6 Viviendas alrededores del canal.

5.2 Determinación de los parámetros hidráulicos del canal de drenaje ubicado en el área de estudio

Para llevar a cabo la descripción del canal de drenaje en relación a sus dimensiones se utilizará como información base la constante observación directa y recolección de datos tomados en campo descritos en el capítulo anterior.

En el área de estudio se identificó un (1) tramo compuesto por una (1) sección de canal trapezoidal revestido de concreto, ubicado en la avenida San Francisco de Asís, partiendo desde la Panadería Imperial hasta la Iglesia San Francisco de Asís, abarcando una distancia total de 329 m (0,33 Km). Esto es con el fin de obtener los parámetros hidráulicos por medio de las mediciones asociadas a las dimensiones del canal construido (base, profundidad y altura) para luego realizar una base de datos en microsoft Excel con sus respectivas fórmulas de área, perímetro mojado, radio hidráulico y ancho superficial. En la figura 5.7 se muestra el tipo de sección en el tramo del canal estudiado con sus respectivas dimensiones.

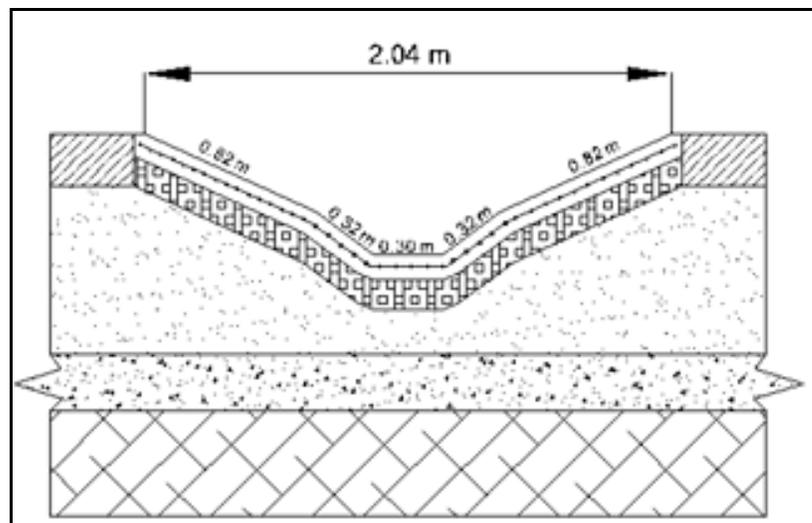


Figura 5.7 Canal de sección trapezoidal en el área de estudio.

5.2.1 Descripción del canal

El tramo comprendido entre la Panadería Imperial y la Iglesia San Francisco de Asís abarca una distancia de 329 m y contiene una (1) sección trapezoidal, obteniéndose los elementos geométricos como: área (A) de 0,6 m², perímetro mojado (Pm) de 2,4 m, radio hidráulico (Rh) de 0,25 m y ancho superficial (T) de 0,9 m.

En la siguiente tabla 5.1 se muestran los resultados arrojados para los elementos geométricos de la sección trapezoidal correspondiente al canal de drenaje.

Tabla 5.1 Descripción de los elementos geométrico de las secciones de canales.

Tramo	Panadería Imperial - Iglesia San Francisco de Asís
N° de Secciones	1
Tipo de Sección	Trapezoidal
Revestimiento	Revestido
Longitud L (m)	329
Base b (m)	0,3
Profundidad y (m)	1
Z	0,3
Área A (m²)	0,6
Perímetro mojado Pm (m)	2,4
Radio hidráulico Rh (m)	0,25
Ancho superficial T (m)	0,9

5.2.2 Determinación del caudal máximo

En la determinación del caudal máximo para el tramo de estudio se aplica el Método de la Fórmula Racional, utilizando el valor del coeficiente de escorrentía para un terreno permeable con vegetación ligera (hierbas, montes) de 0,20; la precipitación

máxima anual de Ciudad Bolívar en 1.076,12 mm correspondiente al período 1994-2006, el tiempo de concentración (T_c) de 0,1 hora; la intensidad de diseño obtenida entre 2.051,15 mm/hora, y el área (A) de drenaje de 468 m² correspondiente al lugar de estudio (Tabla 5.2).

Tabla 5.2 Obtención del caudal máximo para los tramos del canal.

Parámetros asociados al Método Racional	Tramo Panadería Imperial- Iglesia San Francisco de Asís
Coeficiente de escorrentía (para vegetación ligera y terreno permeable)	0,2
Precipitación máxima 1994-2006 (mm)	1.076,12
Longitud del canal (m)	329
Diferencias de Cotas (m)	12
Tiempo de concentración (Hora)	0,1
Intensidad de diseño (mm/hora)	10.761,2
Área de drenaje (m ²)	468
Área de drenaje (Ha)	0,05
Caudal máximo (m ³ /seg)	0,28

De tal manera el caudal máximo obtenido para el tramo es de 0,28 m³/seg, asociado al flujo de agua desplazado en el canal de drenaje.

5.3 Descripción del impacto ambiental en el área de estudio

Para llevar a cabo la descripción y el análisis del impacto socio ambiental en el canal de drenaje, se realizó los recorridos de campo, con la finalidad de recopilar y validar la información a través de las técnicas de observación directa y entrevistas no estructuradas a los habitantes de la urbanización Vista Hermosa I. Esto permitió identificar los componentes físicos (aire, suelo y agua), bióticos (flora y fauna) y

socio-económicos, teniendo en cuenta el impacto detectado en el canal y sus áreas adyacentes:

5.3.1 Contaminación del aire

Esto se debe a la emisión de gases contaminantes, proveniente de los vehículos automotores que transitan a diario en la avenida San Francisco de Asís; igualmente por la emanación de olores desagradables generados a partir de la acumulación de desechos sólidos, orgánicos y aguas negras en el canal de drenaje.

5.3.2 Contaminación sónica

La alteración sónica es generada a menor escala por los vehículos y motocicletas que transitan a diario en la avenida San Francisco de Asís.

5.3.3 Contaminación del suelo

El suelo es afectado física y químicamente debido a la acumulación de residuos sólidos y orgánicos por parte de la comunidad y de los vendedores informales que se encuentran establecidos en las aceras de la avenida San Francisco de Asís. Esto es aunado a la erosión en el canal de drenaje, por la acción de las aguas pluviales y servidas, trayendo como consecuencia en la acumulación de sedimentos sólidos y arenosos en la base. La acumulación de la maleza vegetal, la ineficiencia del servicio de aseo urbano, la falta de limpieza tanto en las aceras como en el canal y la falta de contenedores para almacenamiento de basuras aumentan la problemática en el área de estudio.

5.3.4 Contaminación del agua

Las aguas pluviales acumuladas en el canal son contaminadas debido al paso de las aguas servidas y negras provenientes de las viviendas aledañas. Además suele encontrarse acumulación de aguas servidas en la avenida. Esto ocasiona la proliferación de animales (roedores, gusanos) e insectos (moscas, zancudos, cucarachas) transmisores de enfermedades gastrointestinales, dengue y hongos en la piel, las cuales perjudican la salud de los habitantes de la urbanización Vista Hermosa I.

En la tabla 5.3 se presentan de manera resumida los componentes ambientales en el canal de drenaje y sus áreas adyacentes. Igualmente, se especifican aquellos factores ambientales asociados a dichos componentes, que permiten clasificar y definir el grado del impacto ocasionado en el área de estudio.

Tabla 5.3 Componentes ambientales en el canal de drenaje y sus áreas adyacentes.

COMPONENTE AMBIENTAL		FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL
FÍSICO	AIRE	Calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de gases contaminantes, proveniente de los vehículos que transitan a diario. • Emanación de olores desagradables provenientes del canal de drenaje.
		Ruido	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración sónica debido al paso constante de los vehículos y motocicletas.
	SUELO	Residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • Afectación al suelo y al canal de drenaje debido a la generación de residuos sólidos y orgánicos por parte de la comunidad.
		Calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de las características físicas y químicas del suelo.
		Erosión	<ul style="list-style-type: none"> • Erosión en el canal de drenaje, debido a la acción de las aguas pluviales y servidas. • Sedimentos sólidos y arenosos acumulados en el canal de drenaje, Avenida San Francisco de Asís, cunetas y aceras.
	AGUA	Aguas superficiales	<ul style="list-style-type: none"> • Acumulación de aguas negras en el canal de drenaje. • Acumulación de aguas pluviales y servidas en la Avenida San Francisco de Asís.
BIÓTICO	FLORA	Cobertura Vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura de maleza vegetal en el canal de drenaje y sus áreas adyacentes.
	FAUNA	Especies menores	<ul style="list-style-type: none"> • Proliferación de animales (roedores, gusanos) e insectos (moscas, zancudos, cucarachas).
SOCIO-ECONÓMICO	SOCIAL	Salud	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades gastrointestinales, dengue y hongos en la piel, perjudiciales para los habitantes de la Urbanización Vista Hermosa I.
	ECONÓMICO	Actividad económica	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios de usos del suelo. • Establecimientos de empleos informales en la Avenida San Francisco de Asís.
		Servicios públicos	<ul style="list-style-type: none"> • Ineficiencia del aseo urbano y falta de contenedores para basuras.

5.4 Revisión de las normas hidráulicas, urbano, ambiental referente a obra de servicios (drenaje de aguas pluviales)

5.4.1 Manual de Drenaje

Entre las normas hidráulicas se tienen el Manual de Drenaje, elaborado por la Dirección de Vialidad del extinto Ministerio de Obras Pública en Diciembre de 1967. Debido a los estudios que abarcan el tema, se revisó el Capítulo V asociado a Drenaje Superficial, específicamente en los sub-capítulos V.1, V.3 y V.5 donde explica la capacidad y las características que pueden tener los canales para transportar las aguas pluviales, tomando en cuenta las recomendaciones generales (Sub-Capítulo V.1) para la frecuencia de diseño, el tiempo mínimo de concentración y las velocidades del agua para su respectivo diseño.

En cuanto al Sub-Capítulo V.3, se explica detalladamente la obtención de los Gastos o Caudales de Diseño (Q) para las obras de drenaje superficial, por medio del uso de la Fórmula del Método Racional y sus variables asociadas como: Coeficiente de escorrentía (C) según la cobertura vegetal y el tipo de suelo del área del canal, la Intensidad (I) obtenida mediante el uso de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) y el Área (A) del drenaje.

Con respecto al Sub-Capítulo V.7 asociado al diseño de canales ayuda a determinar las secciones adecuadas con alineamientos que permiten evitar las inundaciones y especifica el tipo de revestimiento necesario para proteger la estructura de la erosión y la excavación. Además define los procedimientos para el diseño como: Levantamiento topográfico, cálculos de pendientes, alineamientos, secciones, obtención de caudales de escorrentía, determinación de la capacidad del canal en función de sus dimensiones, y protección por medio del tipo revestimiento empleado.

Este manual permite establecer los parámetros necesarios para el diseño de canales de aguas pluviales, tomando en cuenta las características topográficas del terreno y la capacidad de drenaje en una determinada área, por medio de cálculos precisos para estimar los verdaderos costos de una obra.

5.4.2 Ley Orgánica de Ordenación Urbanística

Entre las normas urbanas se tienen la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística (publicada en Gaceta Oficial N° 33.868 el 16 de Diciembre de 1987). Este tema aplica el Capítulo II de dicha ley relacionado con la Planificación Urbanística Nacional, específicamente en el artículo 24 donde establece el sistema de drenaje primario en las ciudades, considerando el uso del suelo, la conservación ambiental, el sistema de vialidad urbana primaria y los aspectos socio-económicos, siendo planificados y ejecutados por el Gobierno Nacional. De igual manera se aplica el Capítulo III que trata sobre la Planificación Urbanística Local, donde el artículo 34 establece el trazado y características de la red de dotación de agua potable, cloacas y drenajes urbanos en la secuencia de incorporación recomendada, tomando en cuenta el uso del suelo, la localización para edificaciones y servicios públicos, y el trazado de la red vial arterial y colectora, siendo responsabilidad del Consejo Municipal.

Esta ley permite la ordenación del desarrollo urbanístico en todo el Territorio Nacional, procurando el crecimiento armónico de las ciudades acompañado del incremento de la calidad de vida y protegiendo el medio ambiente que los rodea.

5.4.3 Ley Orgánica del Ambiente

Desde el punto de vista ambiental se tiene la Ley Orgánica del Ambiente, publicada en Gaceta Oficial N° 5.833 (Extraordinaria) el 22 Diciembre de 2006. Esta ley establece un conjunto de medidas orientadas a diagnosticar, restaurar, preservar,

proteger y aprovechar los ecosistemas, la diversidad biológica y demás recursos naturales, con el apoyo de los entes gubernamentales, regionales, municipales y comunales. Esto permite alcanzar condiciones que aseguren el desarrollo y el bienestar de los habitantes, protegiendo los ecosistemas y promoviendo la conservación de los recursos naturales. En el título III de la ley asociado a la planificación del ambiente, se destaca el artículo 23 donde establece los lineamientos aplicados al tema en estudio como:

1. La conservación de los ecosistemas y el uso sustentable de éstos asegurando su permanencia.
2. La armonización de los aspectos económicos, socioculturales y ambientales, con base en las restricciones y potencialidades del área.
3. La participación ciudadana y la divulgación de la información, como procesos incorporados en todos los niveles de la planificación del ambiente.
4. La evaluación ambiental como herramienta de prevención y minimización de impactos al ambiente.

La gestión ambiental permitiría a los entes de promover la limpieza y el mantenimiento del canal de drenaje, y al mismo concientizar a los habitantes para poner en práctica la política conservacionista en el área de estudio.

5.5 Recomendaciones para el mejoramiento del canal de drenaje existente

Las recomendaciones permiten establecer mejoras en el canal de drenaje específicamente en todo el tramo en estudio, para que esté totalmente limpio cumpliendo estrictamente con las normativas ambientales y que no afecte la salud

tanto de los habitantes de la urbanización Vista Hermosa I como de los vendedores informales establecidos en las aceras de la avenida San Francisco de Asís. Es importante mencionar acerca del impacto socio-económico que tiene la zona debido a las actividades residenciales, comerciales, educativas, sociales y religiosas que dinamizan el desarrollo armónico local, ya que se encuentran: las viviendas, los quioscos de ventas, los puestos de ventas informales, el Supermercado Superior, la Panadería Imperial, la Farmacia Tovar, carnicerías, agencias de loterías, el Colegio Panamericano, la Librería Bella Vista y la iglesia San Francisco de Asís.

En los objetivos cumplidos anteriormente muestran la insuficiencia en cuanto a la capacidad y la falta de mantenimiento del drenaje en estudio, teniendo que proponer las siguientes soluciones por área para la rehabilitación del canal existente:

5.5.1 Área de construcciones residenciales

El área residencial comprende a las viviendas ubicadas en la urbanización Vista Hermosa I, las cuales se encuentran adyacentes al canal de drenaje. Las personas residentes se sienten afectados por la acumulación de desechos y aguas servidas dentro y fuera del canal, por lo que es necesario proponer las recomendaciones basadas en la limpieza del canal, colocación de contenedores y un constante servicio del aseo urbano a fin de tener un ambiente saludable en la zona.

5.5.1.1 Limpieza y mantenimiento en el canal

Se debe realizar actividades de limpieza dentro y fuera del canal de drenaje, eliminando los desechos sólidos, orgánicos, maleza vegetal y aguas negras que impiden la función de la estructura hidráulica. Las actividades pueden ser planificadas y ejecutadas de manera conjunta y articulada por los entes gubernamentales (Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y las Aguas,

Gobernación del Estado Bolívar, HidroBolívar, Alcaldía del Municipio Heres, Concejo Municipal de la Parroquia Vista Hermosa), así como también los entes no gubernamentales: (Universidad de Oriente, Colegio de Ingenieros del Estado Bolívar) y comunidades organizadas. Esto incluye en la utilización constante del servicio de aseo urbano a fin de evitar la acumulación excesiva de las basuras. Además, el manejo y disposición de desechos sólidos y orgánicos permitirán evitar la proliferación de animales (roedores, gusanos) e insectos (moscas, zancudos, cucarachas) transmisores de enfermedades gastrointestinales, dengue y hongos en la piel (Figura 5.8).



Figura 5.8 Limpieza del canal de drenaje.

Por otra parte se debe implementar una campaña de concientización ambiental hacia los habitantes y transeúntes, con el fin de evitar la contaminación en el canal de drenaje, y de esta manera contribuir con la preservación de los ecosistemas.

5.5.1.2 Colocación de contenedores para almacenamiento de basuras

Un contenedor es un recipiente metálico o de plástico usado para almacenar basuras. Los contenedores de basura disponen de una tapa superior para evitar los olores, y contienen pedales para pisarlos y ser destapados al momento de introducir la basura. La parte interior de los contenedores debe ser cubierta por una bolsa de basura. Los contenedores callejeros suelen ser de tres (3) tipos: cubos (receptáculos metálicos hechos a menudo de hojalata o acero), contenedores (grandes receptáculos similares a cabás) y contenedores con ruedas (cubos ligeros, normalmente de plástico, fáciles de mover). Todos ellos son vaciados por los empleados del aseo urbano. Los contenedores son muy prácticos para ser colocados en el área de estudio para que los habitantes de la urbanización Vista Hermosa I arrojen los desperdicios antes de ser transportados por el aseo urbano. Esta actividad recae en las competencias de las autoridades municipales o locales, destinándose el presupuesto para tal fin. De esta manera contribuye a la limpieza del lugar (Figura 5.9).



Figura 5.9 Contenedores para desperdicios de basuras.

5.5.1.3 Servicio del aseo urbano

El aseo urbano realizan las actividades de limpieza y recolección de basuras de una determinada localidad o sector. Los empleados se encargan de vaciar los contenedores vertiendo su contenido en el camión de basura para luego ser transportado al vertedero o incineradora. La recolección de basura es un servicio público que se ha visto beneficiado por la descentralización, siendo hoy en día responsabilidad de las autoridades municipales. Esto hace que en diversas ocasiones, las basuras sean acumuladas en los espacios de la urbanización Vista Hermosa I, debido a la falta de repuestos y cauchos de los camiones, a la falta de pagos a los empleados, o a los retrasos en las contrataciones del servicio.

Por lo tanto, es necesario que las autoridades municipales destinen los recursos para la adquisición y mantenimiento de los camiones del aseo urbano, para incrementar constantemente el servicio de recolección de basuras, contribuyendo a la protección ambiental (Figura 5.10).



Figura 5.10 Camión del aseo urbano.

5.5.2 Área social

El área social comprende a las aceras y a la avenida San Francisco de Asís, donde circulan a diario los conductores de vehículos y caminan los transeúntes para desplazarse de un lugar a otro. Es necesario proponer las recomendaciones basadas en la limpieza de las aceras y poda de árboles ubicados en la avenida San Francisco de Asís, con el fin de convertir en un área limpia y segura.

5.2.2.1 Limpieza de las aceras

Las aceras son espacios públicos esenciales para la vida urbana, donde permiten que las personas conversen y caminen desde un lugar a otro. Las aceras ubicadas en la avenida San Francisco de Asís no se encuentran limpias debido a las acumulaciones de aguas servidas, arenas y maleza vegetal obstaculizando el paso de las personas. Las autoridades municipales corresponden realizar constantemente las labores de limpieza y recolección de basuras en las aceras con la ayuda de las comunidades organizadas para que las personas caminen libremente y eviten de estar arrojando basuras en el entorno (Figura 5.11).



Figura 5.11 Acera ubicada en la avenida San Francisco de Asís.

5.5.2.2 Poda de árboles en la avenida San Francisco de Asís

Esta poda tiene como objetivo de extraer y eliminar el ramaje excesivo del árbol que sea perjudicial, como ramas secas, que obstaculizan el paso diario de las personas o toquen accidentalmente los cables de conducción eléctrica. Es importante podar los árboles ubicados o plantados en zonas urbanas en cada cierto período de tiempo, previniendo el riesgo de caída de las ramas, y controlando el crecimiento de la planta cuya ubicación no permite su desarrollo completo.

A diferencia del árbol presente en los bosques o en el ámbito rural, en la ciudad el arbolado cumple estrictamente funciones sociales para aprovechar el espacio público y aumentar el bienestar de sus habitantes. Entre las funciones más reconocidas se destacan: brindar sombra y refrescar el aire circundante, producir oxígeno propicio para los seres humanos, regular la humedad ambiente, disminuir

ruidos, atenuar los vientos, retener partículas sólidas (hollín y polvo), agua de lluvia y gérmenes ambientales, embellecer las vías de tránsito y las viviendas. En el medio urbano no suelen encontrarse las condiciones adecuadas para el adecuado desarrollo de los árboles (Figura 5.12).



Figura 5.12 Poda de árboles de gran tamaño en una avenida.

5.5.3 Área comercial

El área comercial comprende los quioscos de ventas, los puestos informales de ventas, la panadería Imperial, el Supermercado Superior, la Farmacia Tovar, carnicerías y agencias de loterías, ubicados en la avenida San Francisco de Asís. Además de la colocación de contenedores para el almacenamiento y posterior recolección de las basuras por medio del aseo urbano, se recomienda a continuación de reubicar los quioscos de ventas y los puestos informales de ventas que obstaculizan el paso en las aceras.

5.5.3.1 Reubicación de los quioscos de venta y puestos informales de ventas

Los quioscos constituyen una construcción ligera, cuya función es proporcionar una relativa protección del sol y de la lluvia, y en su caso servir de espacio escénico para algún tipo de espectáculo al aire libre o proporcionar un pequeño espacio de almacenamiento y puesto de venta en la vía pública de forma estable, por oposición a los de venta callejera o ambulante (por lo que suelen estar sujetos a algún tipo de regulación, autorización, permiso o concesión administrativa). En el área de estudio, se encuentran los quioscos de ventas de desayunos y de loterías, al igual que los puestos informales de ventas de alimentos como: masa de maíz, verduras, quesos, huevos y casabe, siendo populares y conocidos en la zona, teniendo diariamente una actividad de ventas. Sin embargo, es inadecuada la ubicación actual debido a la cercanía del canal de drenaje, por lo que se plantea reubicar dichos quioscos y puestos de manera más organizada, en un espacio ubicado en la avenida San Francisco de Asís donde se disponga las mejores condiciones físicas y los servicios requeridos (Figura 5.13).



Figura 5.13 Quioscos de ventas adecuados para el área de estudio.

5.5.4 Área informativa

Adicional a las recomendaciones realizadas anteriormente, se exhorta a los habitantes de la urbanización Vista Hermosa I, a los vendedores informales y a los transeúntes en desarrollar la cultura ambientalista por medio de entrega de folletos educativos e informativos alusiva a la conservación del ecosistema, así como las acciones para prevenir el impacto ambiental.

Las recomendaciones planteadas tienen la finalidad de establecer mejoras no sólo en el canal de drenaje sino también en la avenida San Francisco de Asís, específicamente en el tramo que abarca desde la panadería Imperial hasta la iglesia San Francisco de Asís. Se trata de mantenerlos en buenas condiciones con la ayuda de la participación ciudadana, gubernamental y privada fomentando la limpieza de la ciudad. Es importante cuidar y mantener las infraestructuras básicas de la ciudad, a fin de darle continuidad de sus vidas útiles y garantizar las condiciones de vida de la población en general, concientizando la preservación del ecosistema natural.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

A través de la observación directa en el campo y la metodología utilizada durante la elaboración del proyecto de investigación se caracterizó hidráulica y ambientalmente el canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís, surgido por la necesidad de darle soluciones a los problemas existentes en las viviendas y puestos de ventas adyacentes al área de estudio. Por esta razón se establece lo siguiente:

1. En el diagnóstico de la situación actual del canal de drenaje, se identificó el grado de contaminación ambiental debido a la acumulación de aguas servidas, de desechos sólidos y orgánicos provenientes de las viviendas de la urbanización Vista Hermosa I y de los vendedores informales establecidos en las aceras de la avenida San Francisco de Asís, a la existencia de la cobertura de maleza vegetal y a las constantes precipitaciones durante el período de lluvia, ocasionando malos olores y facilitando la proliferación de animales (roedores, gusanos), insectos (moscas, zancudos, cucarachas) y enfermedades (enfermedades gastrointestinales, dengue y hongos en la piel) perjudiciales para los habitantes. Esto es aunado a la ineficiencia del servicio de aseo urbano, y a la falta de atención por parte de las autoridades gubernamentales, regionales, municipales y comunales.

2. Los elementos hidráulicos del canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís, de acuerdo a sus características geométricas están constituido por un (1) tramo de una (1) sección trapezoidal revestida de concreto que abarca una distancia total de 329 m (0,33 Km) y un área de drenaje de 468 m². La sección contiene los parámetros geométricos obtenidos como: el área (A) de 0,6 m²; el

perímetro mojado (P_m) de 2,4 m; el radio hidráulico (R_h) de 0,25 m; y el ancho superficial (T) de 0,9 m. Una vez calculados dichos parámetros se utilizó el Método de la Fórmula Racional para obtener el caudal máximo de $0,28 \text{ m}^3/\text{seg}$ asociado al flujo de agua desplazado en el canal de drenaje totalmente revestido.

3. La descripción y el análisis del impacto socio ambiental en el canal de drenaje, permitió identificar los componentes físicos (aire, suelo y agua), bióticos (flora y fauna) y socio-económicos asociados a los factores como: Calidad del aire, ruido, residuos sólidos, calidad del suelo, erosión, aguas superficiales, cobertura vegetal, especies menores, salud, actividad económica y servicios públicos. Esto es principalmente debido a la emisión de gases contaminantes provenientes de los vehículos automotores, a la emanación de olores desagradables generados a partir de la acumulación de desechos y aguas negras, a la afectación de las características física y química del suelo, a la erosión ocasionada por la acción de las aguas pluviales y servidas, a la contaminación de las aguas pluviales ocasionada por la acumulación de las aguas servidas provenientes de las viviendas aledañas, trayendo como consecuencia en la proliferación de animales e insectos transmisores de enfermedades gastrointestinales, dengue y hongos en la piel.

4. En cuanto a la revisión de las normas hidráulicas, urbanas y ambientales se tienen: El Manual de Drenaje que permite establecer los parámetros necesarios para el diseño de canales de aguas pluviales, tomando en cuenta las características topográficas del terreno y la capacidad de drenaje en una determinada área, por medio de cálculos precisos para estimar los verdaderos costos de una obra; la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística que permite la ordenación del desarrollo urbanístico en todo el Territorio Nacional, procurando el crecimiento armónico de las ciudades acompañado del incremento de la calidad de vida y protegiendo el medio ambiente que los rodea; y la Ley Orgánica del Ambiente donde permite a los entes de promover

la limpieza y el mantenimiento del canal de drenaje, y al mismo concientizar a los habitantes para poner en práctica la política conservacionista en el área de estudio.

5. Finalmente se tiene las recomendaciones que permiten establecer mejoras no sólo en el canal de drenaje sino también en la avenida San Francisco de Asís, específicamente en el tramo comprendido entre la panadería Imperial y la iglesia San Francisco de Asís. Dichas recomendaciones son surgidas debido a la menor capacidad de ejecución y la falta de mantenimiento por parte de las autoridades, aportando soluciones a grandes escalas en función de las áreas como: residencial donde comprende la limpieza y mantenimiento en el canal, la colocación de contenedores para almacenamiento de basuras y el constante servicio del aseo urbano; social donde se destacan la limpieza de las aceras y la poda de árboles; y comercial asociado a la reubicación de los quioscos de venta y puestos informales de ventas. El canal debe estar en mejores condiciones cumpliendo estrictamente con las normativas ambientales existentes sin perjudicar la salud de los habitantes de la urbanización Vista Hermosa I y de los vendedores informales establecidos en las aceras de la avenida San Francisco de Asís.

Recomendaciones

1. La obtención de los parámetros hidráulicos del canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís se podrá tomar como información complementaria para estudios posteriores que pretendan realizar propuestas de ampliación y mejoramiento en la red de drenaje pluvial.

2. Implementar las acciones necesarias para la evaluación del impacto ambiental ocasionado en el área de estudio, por medio de labores de limpieza del canal y recolección de basuras.

3. Disponer de una red de contenedores para almacenamiento de basuras generadas por los habitantes de la urbanización Vista Hermosa I, permitiendo un ambiente sano en la zona.

4. Dar a conocer las normas hidráulicas, urbanas, ambientales y sanitarias (Manual de Drenaje. Ley Orgánica de Ordenación Urbanística, Ley Orgánica del Ambiente, normas INOS - Instituto Nacional de Obras Sanitarias), con el fin de ser aplicadas por las autoridades gubernamentales y por los habitantes de la urbanización Vista Hermosa I.

5. Exigir a los entes gubernamentales (Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y las Aguas, Gobernación del Estado Bolívar, Hidrobolívar, Alcaldía del Municipio Heres, Concejo Municipal de la Parroquia Vista Hermosa), así como también los entes no gubernamentales: (Universidad de Oriente, Colegio de Ingenieros del Estado Bolívar) y a las comunidades organizadas para trabajar con las mejoras en el canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís.

REFERENCIAS

Ander-Egg, E. (1977) **TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN SOCIAL**. Primera Edición. Buenos Aires, Argentina. (p. 110).

Arocha, S. (1983). **CLOACAS Y DRENAJES TEORIA & DISEÑO**. Primera Edición. Ediciones Vega, Caracas, Venezuela. (pp. 57; 203-210).

Arcila, E. (1961) **HISTORIA DE LA INGENIERÍA EN VENEZUELA**. Colegio de Ingenieros de Venezuela, Edit. Arte, 2 Vol. Caracas.

Bentes, C. (2017)“**EVALUACIÓN HIDRÁULICA AMBIENTAL DEL CANAL DE DRENAJE EN LA AVENIDA PASEO SIMÓN BOLÍVAR DESDE EL INSTITUTO NACIONAL DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE TERRESTRE (INTTT) HASTA COMERCIALIZADORA MAKRO SENTIDO OESTE-ESTE, UBICADO EN LA PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR**”. Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Trabajo de grado, no publicado.

Blanco, V. (2005) **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. Módulo de UDO– Bolívar (pp.88).

Bolinaga, J. (1979) **DRENAJE URBANO**. Instituto nacional de obras. Caracas, Venezuela. (pp. 1-5; 11; 84; 204).

Chow, V. (1994) **HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS**. Editorial McGRAW- HILL (pp. 20-21).

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.908 Extraordinario.

Decreto Extraordinario N° 5.138 (1999). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5318 Extraordinario.

Fernández G., Sandra y María M. Hurtado R. (2.004) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO CAÑAFÍSTOLA, DISTRITO AUTÓNOMO HERES, CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela. Trabajo de grado, no publicado.

French, R. (1988) **HIDRÁULICA DE LOS CANALES ABIERTOS**. Editorial Mc. Graw Hill, México, (pp. 9-10).

González de Juana (1980) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**. Caracas. FONINVES.

Hernández, R.; Fernández, C.; & Baptista; P. (2005) **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. México: Mc Graw Hill.

Instituto Nacional de Obras Sanitarias (1999) **NORMAS E INSTRUCTIVOS PARA EL PROYECTO DE ALCANTARILLADOS**. Gaceta Oficial. N° 5318 Extraordinario Instituto Nacional de Obras Sanitarias. Caracas, Venezuela. (pp. 2-10).

Jaubert de Passa, F. (1844) **CANALES DE RIEGO DE CATALUÑA Y REINO DE VALENCIA**. Leyes y costumbres que los rigen, reglamentos y ordenanzas de sus principales acequias. España.

Ley Orgánica del Ambiente (2006) Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.833 Extraordinario.

Ley Orgánica de Ordenación Urbanística (1987). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 33.868.

Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Pública (1967) **MANUAL DE DRENAJE**. Caracas, Venezuela.

Mendoza, V. (2005) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Universidad de Oriente (UDO), Escuela de Ciencias de la Tierra y Minera Hecla Venezuela, C.A. Ciudad Bolívar, pp 34-48.

Mercado, S. (2003) **¿CÓMO HACER UNA TESIS? TESINAS, INFORMES, MEMORIAS, SEMINARIOS DE INVESTIGACIÓN Y MONOGRÁFICAS**. Editorial Limusa, 2 edición, México, (p. 75)

Ministerio de Obras Públicas (1967) **MANUAL DE DRENAJE**. Caracas, Venezuela. (pp. 91-96).

Naudasher, E. (2002) **MECÁNICA DE CANALES Y DISEÑO DE ESTRUCTURA**. Noriega Limusa, México.

Morales S. y Ontón J. (2009) **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, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Trabajo de grado, publicado.

Rodríguez, P. (2013) **HIDRÁULICA DE CANALES**. Editorial Mc. Graw Hill, México (pp. 10-11).

Romero, F. y Bernardo, E. (2011) **“EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL CANAL DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES DEL AEROPUERTO JOSÉ TOMÁS DE HERES DE CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO HERES”**. Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Trabajo de grado, publicado.

Sabino, C. (2000) **EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Panapo. Caracas, Venezuela.

Silva, G. (2003) **ELEMENTOS Y ESTRUCTURAS DE DRENAJE**. 15 de Noviembre 2017 [<http://www.geocities.com/gsilvam/drenaje.htm>].

Tamayo y Tamayo M. (2001) **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. Editorial Limusa S.A. Cuarta Edición. México.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA Y AMBIENTAL DEL CANAL DE DRENAJE UBICADO EN LA AVENIDA SAN FRANCISCO DE ASÍS, PARROQUIA VISTA HERMOSA, CIUDAD BOLÍVAR-MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
CORDERO RODRÍGUEZ JONAS DE JESÚS	CVLAC	21.263.143
	e-mail	jonascrod@gmail.com
	e-mail	
PÉREZ YAGUARE LUIS ALEXANDER	CVLAC	20.774.388
	e-mail	winneralexande@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Canal de drenaje
Ingeniería hidráulica
Impacto ambiental

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería Civil	Hidráulica

Resumen (abstract):

El presente trabajo de grado plantea y desarrolla una caracterización hidráulica y ambiental del canal de drenaje ubicado en la avenida San Francisco de Asís, parroquia Vista Hermosa, Ciudad Bolívar-municipio Heres, estado Bolívar. El proyecto corresponde metodológicamente al tipo de investigación descriptiva con un diseño de campo y documental, realizada por medio de las técnicas de recolección de datos como: revisión bibliográfica, observación directa, entrevista no estructurada y consultas académicas. En cuanto a los resultados obtenidos se pueden resaltar: El diagnóstico de la situación actual se debe al grado de contaminación ambiental existente en el canal debido a la acumulación de aguas servidas, de desechos sólidos y orgánicos provenientes de las viviendas y de los vendedores informales establecidos en las aceras, y a la existencia de la cobertura de maleza vegetal; en la determinación de los parámetros hidráulicos del canal correspondiente al tramo de una (1) sección trapezoidal, se tiene las características geométricas como: área (A) de 0,6 m²; perímetro mojado (Pm) de 2,4 m; radio hidráulico (Rh) de 0,25 m; y ancho superficial (T) de 0,9 mm, permitiendo obtener el caudal máximo de 0,28 m³/seg asociado al flujo de agua desplazado; en cuanto a la descripción del impacto ambiental en el canal, permitió identificar los componentes físicos, bióticos y socio-económicos asociados a los factores ambientales; entre las normas hidráulicas, urbanas y ambientales estudiadas se tienen el Manual de Drenaje para el diseño de canales de aguas pluviales, la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística para la ordenación del desarrollo urbanístico en todo el país, y la Ley Orgánica del Ambiente para poner en práctica la gestión ambiental. Finalmente se tiene las recomendaciones que permiten mejorar las condiciones y ejecutar las labores de limpieza en el canal de drenaje, cumpliendo estrictamente con las normativas ambientales existentes, asegurando la salud tanto de los habitantes de la urbanización Vista Hermosa I como de los vendedores informales establecidos en las aceras de la avenida San Francisco de Asís.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Jiménez, Josefina	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	8.887.862
	e-mail	jjimenez33@hotmail.com
	e-mail	
Grieco, Giovanni	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	8.868.256
	e-mail	griecogiov@yahoo.com
	e-mail	
Márquez, Edgar	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	8.030.911
	e-mail	edgarmarquez95@gmail.com
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2018	05	04
-------------	-----------	-----------

Lenguaje Spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
Tesis de grado de Luis Alexander Pérez Y.

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: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Área de Estudio: Departamento de Ingeniería Civil

Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU N° 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"**.

Leído 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 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLAÑOS 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

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

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."

Jonas R

AUTOR 1

Pérez Luis

AUTOR 2

Jiménez

TUTOR