



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SUBDRENAJE DE AGUAS
PLUVIALES AV. PASEO VALENCIA, TRAMO KAYSON- AV.
SESQUICENTENARIO, MUNICIPIO VALENCIA. ESTADO CARABOBO**

Autores: Hernández Orlendyz

Macero Thalía

Urb. Yuma II, calle N^o 3. Municipio San Diego

Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 8714240



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL**

**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SUBDRENAJE DE AGUAS
PLUVIALES AV. PASEO VALENCIA, TRAMO KAYSON- AV.
SESQUICENTENARIO, MUNICIPIO VALENCIA. ESTADO CARABOBO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
INGENIERO CIVIL**

Autores: Orlendyz Hernández

CI: 23784519

Thalía Macero

CI: 24390383

Tutor: Ing. Ángel Medina

CI: 15.299.274

San Diego, Diciembre de 2018



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA

PLANILLA SOLICITUD: ANÁLISIS Y APROBACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

DATOS PERSONALES		
Apellidos: HERNANDEZ RIVAS	Nombres: ORLENDYZ ALEJANDRA	C.I.: 23.784.519
Dirección: SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO		Teléfono: 0424-3661302
DATOS ACADÉMICOS		
Escuela: INGENIERÍA CIVIL	Índice Académico	10.81
DATOS DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO		
Autores		
Nombre: ORLENDYZ ALEJANDRA HERNÁNDEZ RIVAS		Teléfono: 0424-366-13-02
Nombre: THALÍA DE JESÚS MACERO FRANCO		Teléfono: 0414-598-55-86
Título del Trabajo		
Implementación de sistema de subdrenaje de aguas pluviales Av. Paseo Valencia, Tramo Kayson-Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia, Estado Carabobo		
Breve Explicación: Este trabajo se fundamentará en la implementación de un sistema de subdrenaje como alternativa de mejoramiento en la recolección de aguas pluviales para la vialidad Av. Paseo Valencia, Tramo Kayson-Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia, Estado Carabobo		
Lugar donde se desarrollará el Proyecto: Municipio Valencia, Estado Carabobo		
Tiempo de Desarrollo: 32 semanas.		
Tutor Académico propuesto: ING. ANGEL MEDINA		

APROBADO NO APROBADO

COMITÉ DE EVALUACIÓN

COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

Yelley Yera
Nombre

Yelley Yera
Firma

08-11-2018
Fecha

DIRECCIÓN DE ESCUELA
Jose A Ruiz

Nombre



06-06-2018

Fecha



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
 COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO
 FACULTAD DE INGENIERÍA

PLANILLA SOLICITUD: ANÁLISIS Y APROBACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

DATOS PERSONALES		
Apellidos: MACERO FRANCO	Nombres: THALÍA DE JESÚS	C.I.: 24.390.383
Dirección: SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO		Teléfono: 0414-5985586
DATOS ACADÉMICOS		
Escuela: INGENIERIA CIVIL	Índice Académico	11,29
DATOS DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO		
Autores		
Nombre: ORLENDYZ ALEJANDRA HERNÁNDEZ RIVAS		Teléfono: 0424-366-13-02
Nombre: THALÍA DE JESÚS MACERO FRANCO		Teléfono: 0414-598-55-86
Título del Trabajo		
Implementación de sistema de subdrenaje de aguas pluviales Av. Paseo Valencia, Tramo Kayson-Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia, Estado Carabobo		
Breve Explicación: Este trabajo se fundamentara en la implementación de un sistema de subdrnaje como alternativa de mejoramiento en la recolección de aguas pluviales para la vialidad Av. Paseo Valencia, Tramo Kayson-Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia, Estado Carabobo		
Lugar donde se desarrollará el Proyecto: Municipio Valencia, Estado Carabobo		
Tiempo de Desarrollo: 32 semanas.		
Tutor Académico propuesto: ING. ANGEL MEDINA		

APROBADO NO APROBADO

COMITÉ DE EVALUACIÓN

COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

Yelly Páez
Nombre

Yelly Páez
Firma

08-11-2018
Fecha



DIRECCIÓN DE ESCUELA
JOSE IT Ruiz
Nombre

[Firma]
Firma UJAP
Escuela de Civil

06-06-2018
Fecha

Materias o áreas del conocimiento del Pensum que intervienen en la realización del Proyecto (Enumérelas)

1. Resistencia de materiales
2. Concreto Armado
3. Fundaciones y Muros
4. Mecánica de los Suelos
5. Geología
6. Programación I
7. Programación II

Línea de Investigación:



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

F-CV-011-2018-IICR

Valencia, 31 de Octubre de 2018.

Ciudadanas:

Orlendyz Hernández

C.I: 23.784.519

Thalia Macero

C.I: 24.390.383

Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2018 de fecha 31-10-2018 aprobó el proyecto de trabajo de grado **IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SUBDRENAJE DE AGUAS PLUVIALES AV. PASEO VALENCIA, TRAMO KAYSON- AV. SESQUICENTENARIO, MUNICIPIO VALENCIA. ESTADO CARABOBO** Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Ángel Medina, C.I: 15.299.274 y la Ing. Alicia Yáñez, C.I.: 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,



Prof. Zulay Salcedo
Decana de la Facultad de Ingeniería

c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

ZS/fr




REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Ángel Medina, Titular de la cédula de identidad N.º 15.299.274 , en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Orlendyz A Hernández R; titular de la cedula de identidad 23.784.519 y Thalía De Jesús Macero; titular de la cédula de identidad 24.390.383 titulado **“IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE DE AGUAS PLUVIALES AV. PASEO VALENCIA, TRAMO KAYSON- AV. SESQUICENTENARIO, MUNICIPIO VALENCIA, ESTADO CARABOBO”**; Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 12 días del mes de Diciembre del año 2018.


Ing. Ángel Medina
C.I: 15.299.274



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

San Diego, Julio de 2018

ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: "IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE DE AGUAS PLUVIALES AV. PASEO VALENCIA, TRAMO KAYSON-AV. SESQUICENTENARIO, MUNICIPIO VALENCIA. ESTADO CARABOBO", ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Ángel Medina

Tutor Académico


Firma

30/07/2018

Fecha

Ing. Alicia de Pizzella

Tutor Metodológico


Firma

30-7-18

Fecha

ÍNDICE

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN INFORMATIVO.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO

I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.1.1 Formulación del problema.....	5
1.2 Objetivos de la investigación.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivo específico.....	6
1.3 Justificación de la investigación.....	6
1.4 Limitaciones de la investigación.....	7

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	8
2.2 Bases teóricas.....	10
2.2.1 Sistemas de recolección de aguas de lluvia.....	10
2.2.1.1 Características de la zona de implantación del proyecto.....	11
2.2.1.2 Curvas de pavimento.....	11
2.2.1.3 Intensidad, duración y frecuencia de las lluvias.....	12
2.2.1.4 Tiempo de concentración de las aguas de escorrentía en un determinado punto.....	14
2.2.1.5 Infiltración.....	15
2.2.1.5.1. Descripción del proceso de infiltración.....	15

2.2.1.6	Esorrentía superficial.....	15
2.2.1.7	Estimación del caudal.....	17
2.2.2	Topografía.....	18
2.2.2.1	Relación topografía y estimación del caudal.....	18
2.2.2.2	Pendiente longitudinal.....	21
2.2.2.3	Pendiente transversal.....	22
2.2.3	Subdrenaje.....	23
2.2.3.1	Componentes del sistema de subdrenaje pluvial.....	24
2.2.3.2	Tipos de subdrenaje.....	24
2.2.4	Geotextiles.....	28
2.2.4.1	Clasificación según su método de fabricación.....	29
2.2.4.2	Clasificación según su composición.....	30
2.2.4.3	Funciones y campos de aplicación.....	31
2.3	Definición de términos básicos.....	36

III MARCO METODOLÓGICO

3.1	Tipo de investigación.....	39
3.2	Diseño de la investigación.....	39
3.3	Nivel de la investigación.....	40
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	40
3.5	Fases Metodológicas.....	41

IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Recopilación de parámetros básicos y valores críticos para el estudio del diseño.....	43
4.1.1	Estudio hidrológico de la zona.....	43
4.1.1.1	Coeficiente de esorrentía.....	44
4.1.1.2	Periodo de retorno.....	45
4.1.1.3	Sentido del flujo.....	45

4.1.1.4 Dirección del sentido del drenaje.....	46
4.1.1.5 Tiempo de concentración.....	46
4.1.2 Características de la vialidad.....	48
4.1.2.1 Cálculo de área y longitud de la vía.....	48
4.1.2.2 Vista satelital del terreno de estudio.....	48
4.1.2.3 Vista de las secciones transversales de la vía.....	48
4.2 Análisis de sistemas de subdrenaje, ubicación y materiales como alternativas para la elaboración del diseño.....	49
4.2.1 Estimación del caudal de diseño.....	50
4.2.1.1 Caudal por infiltración.....	50
4.2.1.2 Caudal por abatimiento del nivel freático.....	51
4.2.1.3 Caudal total del diseño.....	52
4.3 Elaboración del diseño del sistema de subdrenaje.....	53
4.3.1 Dimensionamiento de la sección transversal.....	53
4.3.2 Estimación del diámetro de la tubería a utilizar.....	55
4.3.3 Calculo hidráulico para la escogencia del geotextil.....	58
4.3.3.1 Permitividad ultima.....	58
4.3.3.2 Permitividad requerida.....	58
4.3.3.3 Permitividad admisible.....	59
4.3.3.4 Factor de seguridad global.....	60
4.3.4 Evaluación del geotextil a usar en el filtro.....	61
4.3.4.1 Criterio de retención.....	62
4.3.4.2 Criterio de permeabilidad.....	63
4.3.4.3 Criterio de colmatación.....	64
4.3.4.5 Criterio de durabilidad.....	64
4.4 Conclusiones.....	80
4.5 Recomendaciones.....	82
REFERENCIAS.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO

TABLA

1	Valores de coeficiente de escorrentía C para zonas urbanas.....	46
2	Delimitación del perfil longitudinal por cambio de pendiente.....	49
3	Dirección del sentido del subdrenaje.....	50
4	Cálculo del tiempo de concentración de cada sentido del drenaje.....	47
5	Valores de la cobertura superficial.....	47
6	Cálculo del área de la vialidad en estudio.....	48
7	Valores de caudales por infiltración.....	50
8	Valores recomendados para Fi.....	51
9	Valores recomendados para Fr.....	51
10	Valores de caudales por abatimiento del nivel freático.....	51
11	Coeficiente K permeabilidad de los suelos.....	52
12	Caudal total de diseño.....	53
13	Área transversal.....	54
14	Sección transversal.....	54
15	Diámetro de tubería de subdrenaje.....	57
16	Permitividad última del geotextil.....	58
17	Permitividad requerida del geotextil.....	59
18	Factores de reducción para geotextiles en aplicaciones de drenajes.....	59
19	Permitividad admisible del geotextil.....	60
20	Factor de seguridad global.....	60
21	Criterio de retención.....	63
22	Criterio de permeabilidad.....	63
23	Especificaciones generales de construcciones de carreteras.....	64
24	Especificaciones del geotextil NT4000.....	65
25	Subdrenaje tramo 1.....	70

26	Subdrenaje tramo 2.....	71
27	Subdrenaje tramo 3.....	72
28	Subdrenaje tramo 4.....	73
29	Subdrenaje tramo 5.....	74
30	Subdrenaje tramo 6.....	75
31	Subdrenaje tramo 7.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO

FIGURA

1	Graficas de intensidades y frecuencias de lluvia.....	13
2	Velocidades de escurrimiento.....	15
3	Pendiente longitudinal.....	22
4	Pendiente transversal de la vía.....	23
5	Esquema subdrenaje tradicional.....	26
6	Esquema de geodren vial.....	27
7	Esquema subdrenaje de penetración transversal.....	28
8	Tipos de geotextiles.....	29
9	Curvas intensidad, duración y frecuencia.....	44
10	Sentido del flujo Tramo 1.....	47
11	Sentido del flujo Tramo 2.....	47
12	Sentido del flujo Tramo 3.....	48
13	Sentido del flujo Tramo 4.....	48
14	Sentido del flujo Tramo 5.....	49
15	Definición del eje de la vía.....	53
16	Sección transversal isla y acera con área verde.....	55
17	Sección transversal isla central.....	55
18	Pendiente Vs Velocidad según el tamaño del agregado.....	59

19	Esquema perforación de tuberías.....	60
20	Esquema geotextil y suelo a filtrar.....	66
21	Esquema dimensiones de subdrenaje.....	77
22	Vista de sección transversal con subdrenaje.....	77
23	Vista de plano longitudinal.....	78
24	Esquema subdrenaje vial.....	78
25	Esquema sección de subdrenaje.....	79



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SUBDRENAJE DE AGUAS
PLUVIALES AV. PASEO VALENCIA, TRAMO KAYSON- AV.
SESQUICENTENARIO, MUNICIPIO VALENCIA. ESTADO CARABOBO**

Autor(es): Hernández Orlendyz

Macero Thalía

Tutor: Ing. Ángel Medina

Fecha: Julio de 2018

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es la implementación de un sistema de subdrenaje para la vialidad Av. Paseo Valencia, tramo Kayson- Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia- Edo. Carabobo, debido a la insuficiencia que se encuentra presente en dicha vía de controlar el agua que fluye de manera subsuperficial ya que genera una filtración de la misma a través del pavimento como también a la subbase de la vialidad, ocasionando daños a la obra vial, tanto en la capa asfáltica como en el suelo de la misma, para optimizar el funcionamiento del drenaje vial, debido a este inconveniente es recomendable la implementación de un sistema de subdrenaje eficiente que cumpla con las necesidades del área de estudio, así como también con las normas técnicas que garanticen que al culminar la fase de construcción el proyecto sea el más adecuado considerando un análisis técnico económico según las especificaciones del tipo de zona donde se desarrolla el proyecto de investigación, además se toma en cuenta el tipo de geotextil a utilizar en la obra rígidos por los datos de los diferentes estudios realizados, como tipo de suelo y el nivel freático de la zona de estudio, el diseño de un subdrenaje trae consigo un funcionamiento óptimo y eficiente que se traduce en aumento de la vida útil del pavimento y el aspecto económico.

Descriptor: Subdrenaje, aguas pluviales.

INTRODUCCIÓN

A la hora de ejecutar una obra civil se presentan innumerables problemas, variables o condiciones que se deben considerar desde el momento en que se piensa en la realización de un proyecto tanto de pequeña como de gran magnitud, es necesaria la debida atención a todos los factores que pueden influir tanto positiva como negativamente en el proyecto que se está pensando realizar. Para un proyecto vial uno de los factores a tomar en cuenta es el agua, debido a que la misma por ser un agente proveniente de la naturaleza no se tiene control de la misma y llega a ser la causa principal de deterioro y acortamiento disminución de la vida útil de la obra, si bien es cierto que el agua es un elemento fundamental de vida, para la ingeniería de los suelos aporta efectos negativos que pueden traducirse en pérdida de cohesión y reducción de la fricción interna del suelo, saturación del terreno, empujes hidrostáticos, disminución de durabilidad de los materiales y deformaciones en el terreno, debido a esto es esencial que una obra vial vaya siempre acompañada con un diseño de drenajes eficiente que se adecúe a las necesidades del proyecto.

Cuando se habla de un sistema de drenaje, el cual podría ser superficial o subsuperficial, óptimo y eficiente se refiere que el mismo este proyectado para un correcto manejo de las aguas involucrando procesos de captación, conducción y evacuación que permita el drenado de manera rápida, ya que mayor sea la acumulación de agua y más tiempo dure esta sobre el pavimento existe mayor filtración ocasionando así un daño significativo a la capa asfáltica y al suelo que en su mayoría dan como resultado pavimentos con diversas fallas, lo que resulta en vialidades que no son funcionales y no permiten el tránsito de la población de manera segura, y suelos que pierden su capacidad de soportar las grandes cargas constantes que se generan diariamente por el tránsito de todo tipo de vehículos.

Los sistemas de subdrenaje se emplean con el fin de eliminar los excesos de agua en las estructuras provenientes de diferentes fuentes, tales como, aguas

pluviales, agua de los estratos subyacentes que se ha filtrado hacia el terreno y la que se desplaza por la acción de la capilaridad y el agua que ya existe en el terreno por el nivel freático, debido a que ciertos tipos de suelos son susceptibles a almacenar volúmenes apreciables de agua sobre todo aquellos suelos arcillosos.

En el presente trabajo de investigación se llevara a cabo el diseño de un sistema de subdrenaje como medida de complemento del sistema de drenaje superficial para la recolección de aguas de lluvia, tomando en cuenta cada uno de los datos recolectados tales como información topográfica, estudio de suelo del área de influencia y datos hidrológicos con los cuales se evalúan para la determinación y el cálculo de los factores necesarios para la materialización de un diseño óptimo que se adecúe a las necesidades de la obra, permitiendo así darle durabilidad y eficiencia.

La investigación se encuentra estructurada de la siguiente manera:

Capítulo I El Problema: Planteamiento del problema, formulación del problema, objetivo general, objetivos específicos, justificación del problema, alcance y limitaciones.

Capítulo II Marco Teórico: Antecedentes de la investigación y bases teóricas.

Capítulo III Marco Metodológico: Tipo de Investigación, diseño de la investigación, nivel de investigación y fases metodológicas.

Capítulo IV Análisis y Resultados: Se consideran y analizan los datos recolectados; así como los procedimientos y métodos aplicables en el diseño de drenaje subsuperficial de la vía en estudio.

Capítulo V: En este capítulo se elaboran las conclusiones y las recomendaciones en base a los resultados obtenidos para el presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El agua como factor fundamental de vida, tiene muchos usos, sin embargo para la vialidad es uno de los factores más amenazantes, dado que una de las causas principales de deterioro y disminución de vida útil es el agua, ya que altera gravemente las propiedades de los materiales en las vialidades, ocasionando así una rápida deformación, pérdida de estabilidad y colapso de la misma.

El deterioro formado por el agua va directamente relacionado con la humedad que esta ocasiona en los suelos, el cual según sus propiedades pueden presentar altos índices de saturación, que generan un cambio drástico en el volumen, pérdida de cohesión, sobrepresiones hidrostáticas desestabilizantes, reducción en la fricción interna del suelo, disminución de durabilidad de los materiales, deformaciones del terreno y asentamientos diferenciales, experimentando alteraciones en su estabilidad mecánica, en especial en aquellos suelos con altos contenidos de finos.

Es indispensable analizar las características de la zona, topográfica, geología, hidrología y necesidades de la vialidad para la realización de obras de drenajes y/o subdrenajes que permitan el control de las aguas tanto de infiltración y subsuperficiales, para así garantizar la durabilidad y la eficiencia de la vialidad, se ha demostrado que muy frecuentemente, la causa de falla de las obras tiene origen en un drenaje inadecuado o inexistente, por lo que es fundamental llevar a cabo el diseño del subdrenaje, de acuerdo con las condiciones del sitio. Esto permitirá una mayor confiabilidad en la estabilidad de las obras por proteger y un incremento apreciable en su vida útil.

Se han tenido en cuenta diferentes métodos y prácticas para calcular los efectos del agua en la tanto en el suelo como en la vía, la mayoría de los estudios realizados sobre el daño que genera el agua en la vialidad coinciden con que una falla en el

drenaje o subdrenaje causa serios daños y fallas en los diferentes tipos de pavimentos, el procedimiento de diseño de los pavimentos debe garantizar que el exceso de agua pueda ser drenado de manera rápida fuera de las secciones de la estructura de pavimento.

| Los materiales estructurales en estado saturado, tienden a aumentar la presión de poros y disminuir los esfuerzos efectivos, cambiando los mecanismos de transmisión de esfuerzos de la estructura de pavimentos

El exceso de agua presente en la vialidad tiene un efecto directo en las condiciones del pavimento, por esto la necesidad de su drenado rápido fuera de la estructura, este deterioro se debe a la pérdida de adherencia y cohesión por presencia de agua y se encuentra presente en los diferentes tipos de pavimentos, ocasionando una fatiga en la carpeta asfáltica la cual en su mayoría produce una falla en el pavimento conocida como piel de cocodrilo, esta se considera como un daño estructural importante donde es necesario remover mediante excavación la capa superficial y la base hasta la profundidad necesaria que permita llegar al material firme, usualmente se presenta acompañado por un ahuellamiento que es producido en áreas sujetas a sobrecarga de tránsito, según Monroy (2010): “los materiales estructurales en estado saturado, tienden a aumentar la presión de poros y disminuir los esfuerzos efectivos, cambiando los mecanismos de transmisión de esfuerzos de la estructura del pavimento”.

Con el incremento poblacional reflejado a través de los años y el desarrollo de nuevas tecnologías se genera también un aumento vehicular y la necesidad de realizar vías que conecten diferentes destinos de manera segura, disminuyendo así el número de accidentes ocasionados por desprendimientos o cedencia del terreno que a su vez es incrementado por la insuficiencia de material permeable necesario para que un sistema de subdrenaje sea efectivo, debido a esto es importante el análisis del tipo de obra a realizar, considerando las condiciones hidrogeológicas y adicionalmente, climáticas, se debe tomar en cuenta la frecuencia de agua pluviales en la zona, Hernández y Callejas (2014): establecen que “el prever un buen drenaje es uno de los

factores más importantes en el proyecto de un camino y por lo tanto debe preverse desde la localización misma, tratando de alojar siempre el camino sobre suelos estables, permanentes y naturalmente drenados”. Sin embargo, debido a la necesidad de un alineamiento determinado, el camino puede atravesar suelos variables, permeables e impermeables, obligando a ello la construcción de obras de drenaje de acuerdo con las condiciones requeridas.

En Venezuela existe una problemática notable referente a los sistemas de drenajes, la gran mayoría de estos son inexistentes, deficientes o se encuentran con falta de mantenimiento, ocasionando no sólo un deterioro considerable en las vías que afecta el tránsito eficiente, seguro y la vida útil de las mismas, sino también graves casos de inundaciones y crecidas de los cursos naturales del agua cuando se suscitan períodos de pluviosidad de relativa intensidad y duración que generalmente provocan un colapso en los sistemas de drenaje por no tener la capacidad requerida para la disposición de las aguas.

En este mismo orden se hace notar la falta de un sistema de subdrenaje para la vialidad Av. Paseo Valencia, tramo Kayson - Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia. Edo. Carabobo, donde es necesario implementar las acciones pertinentes para el mejoramiento de la recolección de aguas pluviales en esta, para garantizar así la durabilidad y optimización de la vialidad que conecta puntos de la ciudad que son altamente transitados, asegurando el tráfico fluido de los ciudadanos y una vía más segura para conducir ya que el deterioro de las mismas genera retrasos, así como riesgos a los usuarios de las vías.

1.1.1 Formulación del problema

¿Es posible mejorar las condiciones de la vialidad Av. Paseo Valencia, tramo Kayson - Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia - Edo. Carabobo, mediante el diseño de un sistema de subdrenaje como alternativa para el mejoramiento en la recolección de aguas subsuperficiales?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de subdrenaje óptimo como alternativa para el mejoramiento en la recolección de aguas pluviales para la vialidad Av. Paseo Valencia, tramo Kayson - Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia - Edo Carabobo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Ø Recopilar la información del sistema de drenaje existente, así como la data e información preliminar para la acometida del proyecto de drenaje subsuperficial.

Es por lo antes expuesto que puede decirse que los beneficios de un sistema de drenaje óptimo en la vialidad Av. Paseo Valencia, tramo Kayson - Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia - Edo Carabobo, serán de gran impacto para la población que transita en reiteradas ocasiones por la zona, ya que aumenta la durabilidad y estabilidad de la vialidad así como también permite a los usuarios desplazarse de manera segura debido a la disminución de retrasos vehicular y accidentes que pueden ser ocasionados por fallas en el pavimento, presencia de agua en las vías o por desniveles por asentamientos diferenciales en el terreno, todo ello controlando las aguas pluviales mediante un sistema de subdrenaje óptimo se cuenta con un mecanismo alternativo y de ayuda en el manejo de los caudales que se presenten debido a las precipitaciones e inundaciones por la presencia de ciclos lluviosos por lo que el tránsito en la misma no se vería altamente afectado ni se presentarían grandes eventualidades.

En resumen, disponer de un drenaje y/o subdrenaje eficiente, con la capacidad necesaria adecuada a la magnitud de la vialidad y que opere de manera correcta, disminuye las probabilidades de fallas, así como también de cualquier efecto adverso que conlleve al daño, deterioro y acortamiento de vida de la estructura vial.

1.4. Limitaciones y Alcance

El presente trabajo de investigación estará limitado al desarrollo y calculo de los parámetros necesarios para el diseño y se evaluará de acuerdo a las diferentes alternativas existentes para establecer un dimensionamiento así como los materiales a ser requeridos para la materialización del proyecto, considerando un diseño que se enmarque en la normativa técnica, igual que también los materiales óptimos para el mismo. A su vez también por consideraciones de la situación país y la actual situación de inseguridad social, las visitas técnicas al sitio de la obra serán restringidas.

La metodología empleada será primordial para llevar a cabo los procesos necesarios para calcular el tipo de diseño, la cantidad de materiales a emplear y los procesos constructivos para definir un proyecto acorde a las necesidades de la vía.

Se elaborarán los planos de planta y detalles, indicando la ubicación de las estructuras de subdrenaje, así como su interconexión con el sistema de drenaje proyecto previamente.

No se llevará a cabo el estudio económico, debido al alto índice inflacionario que presenta el país.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Debido a la necesidad de eliminar los excesos de aguas acumuladas en las vías, se crean los sistemas de drenaje, superficial y subsuperficial, los cuales permiten la eliminación o reducción de la cantidad excesiva de agua, con finalidad de extender la vida útil y el buen funcionamiento de la vía evitando el deterioro de esta, permitiendo así el desarrollo normal de las actividades diarias de la población, motivado por esto se han realizado numerosos trabajos de investigación que sirven como sustento para la elaboración de este trabajo de grado, entre los cuales se pueden mencionar:

Steelheart E. y Suarez H. (2012). Presentado en la UCLA, para optar por el título de Ingeniero Civil que lleva por título. **“Propuesta para el mejoramiento del diseño del sistema de drenaje urbano de la calle 32 entre Av. Libertador e Intercomunal San Felipe el fuerte del Municipio independencia, Edo. Yaracuy”**. El propósito de esta tesis fue realizar una propuesta para el mejoramiento del diseño del drenaje superficial de la calle 32 entre Av. Libertador e Intercomunal San Felipe en el estado Yaracuy, debido a la necesidad de la alcaldía del Municipio Independencia de solventar el problema de drenaje presente en la vía y sus zonas aledañas. Como primer paso se realizó un levantamiento topográfico plano altimétrico, un inventario físico vial del área de estudio, así como también se recopiló la información técnica y pluviométrica en los entes gubernamentales, lo que permitió delimitar las áreas tributarias de acuerdo al sitio de escurrimiento de las aguas y elaborar una curva de intensidad, frecuencia, duración de la estación “San Felipe” por ser la más cercana a la zona de estudio, para así calcular el caudal de aporte por el método racional: necesarios para analizar las condiciones del sistema de drenaje existente. De este antecedente se tomaron en cuenta uno de los primeros pasos que sería realizar una observación topográfica.

Guillen N. (2013), realizó un proyecto titulado **“Formulación de propuestas para la adecuación de pavimentos y sistemas de recolección de aguas de lluvia en el área de estacionamiento de la empresa Resimon, C.A”** en la universidad José Antonio Páez, ejecutó un estudio sobre cómo afecta la falta de drenaje al pavimento del estacionamiento de dicha empresa donde observó un deterioro total del pavimento existente por la ineficiencia del sistema de recolección de aguas de lluvia donde estos no cumple con los requerimientos mínimos de diseño y de la aplicación de las normas correspondientes para la evacuación eficaz de los altos volúmenes de aguas, establece que las obras de pavimentación no funcionan por si solas, son esenciales las obras de drenaje pluvial ya que estas se describen como un factor de vital importancia para la conservación y extensión de la vida útil de los pavimentos, desalojando y conduciendo correctamente las aguas de lluvia.

Seguidamente, Orozco Mónica (2007), en su trabajo especial de grado titulado **“Sistemas de subdrenajes en obras de estabilización”** para la escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia, realizó un estudio sobre la utilización de drenajes en taludes para la reducción de agua en estos, evaluando la disminución de resistencia que se genera al esfuerzo cortante del suelo, explica que el objeto principal de un sistema de subdrenaje es eliminar los excesos de humedad del terreno donde se localice la obra, para protegerla y permitir una mayor estabilidad y durabilidad a la misma e interceptando corrientes subterráneas y abatiendo niveles freáticos altos, así mismo indica que para llevar a cabo un drenaje eficiente es necesario tener en cuenta las características físicas e hidrológicas propias del sitio en el cual será implantada y recomienda emplear geotextiles en obras de subdrenaje por la función de filtración que desempeñan estos materiales sintéticos, evitando la colmatación de las obras de subdrenaje.

Soto, B. y Acosta M. (2011) en su trabajo especial de grado **“Estudio para el sistema de drenaje vial y urbano en Mene Grande sectores (Marías, Golfo, Florida) Municipio Baralt estado Zulia”**, realizado para la Universidad Rafael Urdaneta. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo el estudio de la

problemática que tiene lugar como consecuencia de las escorrentías superficiales producto de las precipitaciones en los sectores (Las marías, El golfo, La florida) del Municipio Baralt Estado Zulia debido a que Mene Grande posee un drenaje natural que en la actualidad es insuficiente, esto como consecuencia de la modificación del mismo, debido al crecimiento urbano de esta ciudad, aunado a la falta de planificación de un sistema de drenaje que se ha realizado sin tomar en cuenta las pendientes.

Esta investigación, aportó el diseño de un sistema de drenaje con el fin de erradicar el problema existente del estancamiento del agua en una vialidad, además este trabajo de grado aportó el desarrollo de procedimientos, técnicas y herramientas para darle solución a la problemática existente a causa de las lluvias en las vías principales.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Sistemas de recolección de aguas de lluvia

La recolección de las aguas pluviales es un sistema separado que supone también la existencia de una red de alcantarillado para recolectar las aguas de lluvia y conducir las hasta los cauces de quebradas existentes en las zonas. Las aguas pluviales provenientes de los techos y patios de las edificaciones, agregadas a las que reciben las calles directamente, generan un problema para la comunidad, por lo cual es necesario determinar el caudal que se va acumulando en las calles y avenidas, debido a que este es un factor fundamental para la realización de un diseño eficiente de drenaje vial.

En la determinación de un caudal de aguas de lluvias deben tomarse en cuenta todas las diferentes variables que pueden influir en la acumulación de este, de los factores más importantes a tomar en cuenta para la realización de un sistema de recolección de aguas de lluvias, podemos nombrar las más importantes como:

Características de la zona

Curvas de pavimento

Intensidad, duración y frecuencia de las lluvias

Tiempo de concentración de las aguas de escorrentía en un determinado punto

Estimación del caudal

2.2.1.1 Características de la zona

En lo que se refiere a las características de las zonas existen variables que se pueden encontrar como el tipo de superficie en la cual influyen factores como la permeabilidad del suelo, su porosidad y sus pendientes, así como también los porcentajes de construcción, estos ayudan a facilitar o retardar el escurrimiento de las aguas de lluvia que pueden concentrarse en un punto. Por ello, al considerar la zona a proyectarse debemos medir las áreas correspondientes a cada característica. Son necesarios los estudios y ensayos tanto de campo, donde se especifican todos los procedimientos empleados para realizar la investigación, equipos utilizados, normativa aplicable (COVENIN, ASTM), cantidad de muestras obtenidas, número de sondeos, como de laboratorio, en el cual se obtienen todos los parámetros que nos sirven para entender el comportamiento del terreno, con la información completa de la zona donde se ejecutara la obra se puede lograr que la misma sea óptima y eficiente.

2.2.1.2 Curvas de pavimento

Existe una relación entre las obras de drenaje y las obras viales, una obra vial no tendrá un buen funcionamiento y durabilidad si no tiene en conjunto una obra de drenaje que la acompañe, al proyectarse el sistema de recolección de aguas de lluvia debe tenerse presente tanto las pendientes longitudinales como transversales de las calzadas. Asimismo, muchas veces es conveniente cambiar el sentido de las pendientes de calles, que permitan descargar las aguas de lluvia con el menor daño posible y mayor facilidad hacia los puntos naturales de recolección, es aconsejable mantener las pendientes mínimas que permitan el flujo hasta los puntos de recolección y así evitar el estancamiento de las aguas que luego puede generar daños

en el pavimento por filtración ocasionando baches. Las pendientes longitudinales no deben ser menores al 0,3%, esto puede reflejarse en velocidades de escurrimiento muy bajas y en estancamientos por periodos muy prolongados, todo dependerá de la zona, sus características y densidad, para las pendientes transversales se toman del 2% pero también se admite un valor del 1% tomando dicha pendiente desde el eje de la calle hacia el borde de la acera o cuneta.

2.2.1.3 Intensidad, duración y frecuencia de las lluvias

Los cambios climáticos y la variación del clima según la ubicación geográfica hacen necesaria la evaluación de las precipitaciones, debido a que es posible que se presenten incrementos o decrementos y es imprescindible datos bastante aproximados sobre el volumen de agua de lluvia que debe ser captada, controlada y conducida para evitar afectaciones como inundaciones, la recolección de datos pluviométricos que permiten conocer la frecuencia con la que ha ocurrido una lluvia de una determinada intensidad, cualquier previsión que se haga estará fundamentada en la información recolectada, ya que esto es un fenómeno probabilístico, existen ciertos rangos de seguridad en cuanto a los daños o inconvenientes generados por una determinada lluvia que supere la que sea considerada como base para el diseño.

La intensidad de la lluvia se clasifica según la cantidad precipitada por una unidad de tiempo, por lo cual podemos separar en cuatro tipos, lluvia débil, moderada, fuerte o torrencial, generalmente la intensidad es expresada en unidades de mm/h, mm/min, mm/sg/ha, o lt/sg/ha, sin embargo muchas estaciones pluviométricas reportan sus datos en mm/h, por lo cual conviene tener presente el factor de conversión $1\text{mm/h} = 2,78\text{ lt/sg/ha}$.

Si se efectúa la medición del volumen de agua caída en los diez minutos que duró el pico de la precipitación y se divide por ese tiempo, la intensidad resultante será mucho mayor que si se mide el volumen caído durante una hora completa y se divide por el tiempo total. La gráfica de intensidad Vs. tiempo tiene una forma (Ver en la figura 1).

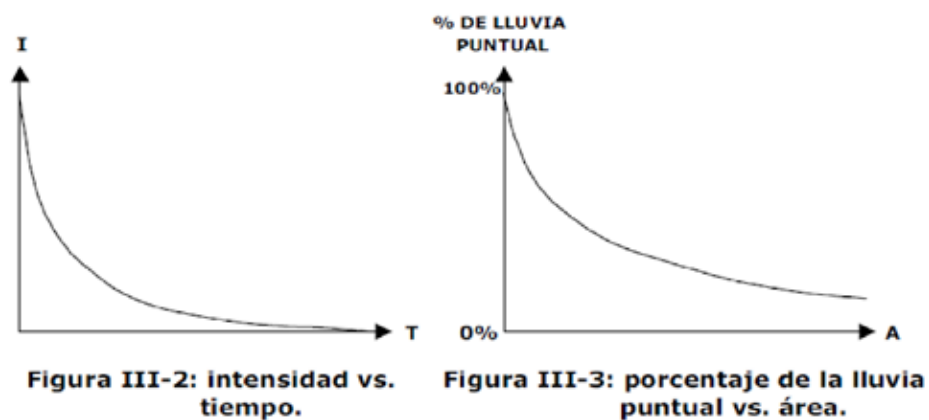


Figura 1: Graficas de intensidades y porcentajes de lluvia

Fuente: Libro Drenaje vial para ingenieros viales Manuel Bengaray

La intensidad de la lluvia se relaciona inversamente con la duración de esta, siendo la duración el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la misma, como final de la lluvia existen dos formas, se puede tomar tanto el momento de finalización total de la lluvia o hasta el momento donde la lluvia es apreciable para efectos prácticos, para describir la duración de la lluvia encontramos lluvias cortas las cuales son menores a 120 minutos y larga aquella que es mayor a 120 minutos.

Según la norma INOS en su artículo número 3.14.1 establece que el tiempo que debe de considerarse para determinar la intensidad de lluvia, no será inferior a 5 minutos. En cada caso se fijará el tiempo de precipitación, de acuerdo a las condiciones locales.

La frecuencia está asociada a la probabilidad, también es llamada intervalo de recurrencia, siendo este el número de veces que un evento es igualado o excedido en un intervalo de tiempo determinado o en un número de años, se denota como:

$$f \text{ —————}$$

De acuerdo a las normas INOS se establece que para el cálculo de caudal de aguas de lluvias se estiman las siguientes frecuencias:

Para zonas residenciales de 2 a 5 años

Para zonas comerciales y de elevado valor, de 5 a 15 años, dependiendo de su justificación económica

Para obras de canalizaciones de recursos naturales, ríos o quebradas, 50 años o más.

2.2.1.4 Tiempo de concentración de las aguas de escorrentía en un determinado punto

Se define como el tiempo máximo que tarda la partícula más alejada del área, drenando hasta el punto de recolección. Para el diseño de los colectores de aguas de lluvia en zonas urbanas, este tiempo de concentración se hace representando la suma de dos tiempos, siendo el primero el tiempo que tarda la partícula más alejada en escurrir sobre la superficie a través de cunetas, canales o sobre las zonas de escurrimiento natural, puede ser estimado o calculado para las distintas características de la superficie, para las cuencas rurales la determinación se hace basada en medidas hechas directamente sobre el terreno, determinando la mayor distancia o recorrido de la partícula o bien por mediciones hechas en los planos topográficos.

Para la estimación del tiempo de concentración es necesario:

La longitud del cauce más largo (L) en metros

La diferencia de elevación entre el punto más remoto de la cuenca y la salida de la misma (H) en metros

= Tiempo de concentración

L= Longitud del cauce principal

H= Diferencia de elevación

VELOCIDADES DE ESCURRIMIENTO EN LADERAS

Pendiente de las laderas (%)	COBERTURA VEGETAL		
	Vegetación densa o de cultivos (m/min)	Pastos o vegetación ligera (m/min)	Ninguna vegetación (m/min)
0-5	25	40	70
5-10	50	70	120
10-15	60	90	150
15-20	70	110	180

Nota: No se deberán considerar tiempos de concentración menores de cinco minutos.

Figura 2: Tabla velocidades de escurrimiento

Fuente: Libro Cloacas y Drenajes Simón Arocha

El segundo a considerar es el tiempo de traslado que existe en una cierta longitud de colector, comprendida entre 2 sumideros consecutivos, es calculado conocidas las características hidráulicas de este, a fin de determinar en función de la longitud del colector y de la velocidad real de circulación del tiempo que tarda en recórrerlo.

2.2.1.5. Infiltración

Es el proceso por el cual el agua penetra en el suelo, a través de la superficie de la tierra, y queda retenida por ella o alcanza un nivel acuífero incrementando el volumen acumulado anteriormente. Superada por la capacidad de campo del suelo, el agua desciende por la acción conjunta de las fuerzas capilares y de la gravedad. Esta parte del proceso recibe distintas denominaciones: percolación, infiltración eficaz, infiltración profunda, etc.

2.2.1.5.1. Descripción del proceso de infiltración

Considérese un área de suelo suficientemente pequeña, de modo que sus características (tipo de suelo, cobertura vegetal, etc), así como la intensidad de la lluvia en el espacio puedan considerarse uniformes, aunque la última cambie en el tiempo.

Supóngase que, al inicio de una tormenta, el suelo está de tal manera seco que la cantidad de agua que puede absorber en la unidad de tiempo, es decir, su capacidad de infiltración es mayor que la intensidad de la lluvia en esos primeros instantes de la

tormenta. Bajo estas condiciones, se infiltraría toda la lluvia, es decir (Aparicio, 1999):

Si

Donde:

f = infiltración, expresada como lámina por unidad de tiempo (mm/h)

f_p = capacidad de infiltración (mm/h)

i = intensidad de la lluvia

En esta parte del proceso las fuerzas producidas por la capilaridad predominan sobre las gravitatorias. Al avanzar el tiempo, si la lluvia es suficientemente intensa, el contenido de humedad del suelo aumenta hasta que su superficie, alcanza la saturación. En este momento se empiezan a llenar las depresiones del terreno, es decir, se originan charcos y comienza a producir flujo sobre la superficie. A este instante se le llama tiempo de encharcamiento y se denota como t_e .

Después del tiempo de encharcamiento, si la lluvia sigue siendo intensa, las fuerzas capilares pierden importancia frente a las gravitatorias pues el contenido de humedad en el suelo aumenta y la capacidad de infiltración disminuye con el tiempo. Además, bajo estas condiciones, la infiltración se hace independiente de la variación en el tiempo de la intensidad de la lluvia en tanto que ésta sea mayor que la capacidad de transmisión del suelo, de manera que:

Si

Donde

decrece con el tiempo.

Si después del tiempo de encharcamiento la tormenta entra en un periodo de calma, es decir, su intensidad disminuye hasta hacerse menor que la capacidad de infiltración, el tirante de agua existente sobre la superficie del suelo, de haberlo, disminuye hasta desaparecer y el agua contenida en los charcos también se infiltra, y en menor grado se evapora.

Cuando ya no hay agua sobre la superficie del terreno, el contenido de humedad de las capas de suelo cercanas al frente húmedo se difunde, haciendo que dicho frente avance hacia arriba hasta que la superficie deja de estar saturada.

Posteriormente, la lluvia puede volver a intensificarse y alcanzar otro tiempo de encharcamiento repitiéndose todo el ciclo descrito.

2.2.1.6. Escorrentía superficial

Describe el flujo del agua, lluvia, nieve, u otras fuentes, sobre la tierra, y es un componente principal del ciclo del agua. A la escorrentía que ocurre en la superficie antes de alcanzar un canal se le llama fuente no puntual. Si una fuente no puntual contiene contaminantes artificiales, se le llama polución de fuente no puntual. Al área de tierra que produce el drenaje de la escorrentía a un punto común se la conoce como línea divisoria de aguas. Cuando la escorrentía fluye a lo largo de la tierra, puede recoger contaminantes del suelo, como petróleo, pesticidas (en especial herbicidas e insecticidas), o fertilizantes.

También se dice que es la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo.

2.2.1.7 Estimación del caudal

Para determinar el gasto de diseño de un sistema de recolección para aguas de lluvia generalmente se utiliza el método racional, donde se asume que el caudal máximo se acumula en un determinado punto, como consecuencia de la escorrentía de las aguas pluviales, se calcula mediante la ecuación:

Q = Caudal en lt/sg

C = Coeficiente de escorrentía

i = Intensidad de la lluvia (lt/sg/ha)

A = Área en Ha

Para estimar el caudal de diseño en el caso de sistemas de subdrenaje en vías. Los posibles caudales de aporte, que conforman el caudal final, los cuales pueden afectar la estructura de un pavimento son:

El caudal generado por la infiltración de agua lluvia: el agua lluvia cae directamente en la carpeta del pavimento. Una parte de ésta inevitablemente se infiltra en la estructura del pavimento debido a que las carpetas de pavimento, tanto rígido como flexible, no son impermeables, también es necesario tomar en cuenta el caudal que se infiltra en los terrenos del entorno de la estructura de pavimento, debido a que la granulometría de dicha estructura es distinta a la estructura del suelo lo que genera movimientos intersticiales.

El caudal generado por el abatimiento del nivel de agua subterránea. En sitios donde se encuentre nivel freático a una altura tal, que afecte la estructura del pavimento, es necesario abatir este nivel de manera que no genere inconvenientes por excesos de agua.

El caudal proveniente de escorrentía superficial. Este caudal puede ser controlado con métodos de captación, de manera tal, que se minimice la entrada a la estructura del pavimento. En tramos en donde se considere el caudal de agua infiltrada proveniente de escorrentía como un caudal de aporte, se debe estimar teniendo en cuentas los métodos hidrológicos.

Se considera la intensidad de lluvias, para una duración igual al tiempo de concentración, por ende, se estima que habrá un incremento del caudal a medida que se incrementa el área, puesto que la disminución en intensidad con el tiempo es compensada con el incremento de área. Cuando contribuye toda el área permanece constante, pero habrá disminuido de intensidad a mayor tiempo y por lo tanto el gasto disminuye.

2.2.2 Topografía

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales. Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la denominación de «geodesia» para áreas mayores.

Para eso se utiliza un sistema de coordenadas tridimensional, siendo la “X” y la “Y” competencia de la planimetría, y la “Z” de la altimetría.

Los mapas topográficos utilizan el sistema de representación de planos acotados mostrando la elevación del terreno utilizando líneas que conectan los puntos con la misma cota respecto de un plano de referencia, denominadas curvas de nivel, en cuyo caso se dice que el mapa es hipsográfico, dicho plano de referencia puede ser el nivel del mar, y en caso de serlo se hablará de altitudes en lugar de cotas.

2.2.2.1 Relación Topografía y estimación del caudal

La topografía no es más que la característica del área donde actúa la cuenca en estudio referente a la geomorfología, esto engloba gran parte de los parámetros que intervienen sobre el grado de impermeabilidad que facilita o retarda la escorrentía de las aguas pluviales que puedan concentrarse en un punto. La superficie total a considerar en el proyecto estará constituida por el área propia, más el área natural de la hoya que drena a través de ella.

Se deben determinar las diferentes características de la superficie que la constituye, en este sentido las normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS Normas e Instructivo para el Proyecto de Alcantarillados, 1986) establecen coeficientes de escorrentías para determinadas superficies y zonas. Para determinar claramente las áreas y las características fisiográficas de las cuencas, deben utilizarse planos topográficos, además, donde se señale la naturaleza del material del cauce y el tipo de vegetación existente en el mismo.

Debe disponerse de una nivelación a lo largo de los cauces naturales, con secciones transversales en sitios notables e indicaciones de las estructuras existentes, pues estas son indispensables para determinar las planicies inundables.

Los problemas de drenaje son causados principalmente por el exceso de aguas pluviales en un determinado espacio físico proveniente de las precipitaciones, es por ello que para el diseño de las obras de drenaje pluvial urbano se considera que el excedente de agua hallado en la superficie, no tomado en consideración el flujo subterráneo, ya que el tiempo de retardo es muy extenso y, por lo tanto, no tiene gran influencia en el dimensionamiento de las estructuras de drenaje.

Para lograr un buen diseño debe tomarse en cuenta todas las variables que puedan intervenir en la determinación de un gasto de aguas de lluvia, y que puedan crear inconvenientes al entorno, sin embargo, no se debe dejar de reconocer que ello resulta difícil de evaluar y que aun con la mejor información disponible, existen criterios económicos que privaran para limitar los diseños en un determinado rango de probabilidades de ocurrencia de daños.

El buen funcionamiento hidráulico de cualquier estructura de drenaje no sólo depende de un análisis correcto y un uso adecuado de las fórmulas y diagramas, sino también de la información en la cual se fundamente su diseño, realidad de vital importancia. Se debe tratar de recabar toda la información posible sobre la vía y el área de influencia del problema, en la forma de planos topográficos, estudios de suelos, informes hidrológicos y en general cualquier otra información que afecte en mayor o menor grado a las estructuras viales de drenaje que se pretende diseñar.

El agua que cae sobre una calzada escurre superficialmente sobre ella, y como consecuencia de la pendiente de bombeo o del peralte, fluye longitudinalmente o transversalmente. Cuando la carretera se desarrolla en terraplén, se permite que el agua se desborde sobre los hombrillos y los taludes, los cuales, si están debidamente protegidos, no sufrirán erosión. En cambio, si la vía va en corte el agua proveniente del escurrimiento sobre la calzada y los taludes de corte adyacentes deben ser recogidas en canales laterales.

Al diseñar una estructura de subdrenaje, uno de los primeros pasos a dar consiste en estimar el volumen de agua que llegara a ella en un determinado instante. Dicho volumen de agua se llama descarga de diseño, y su determinación debe realizarse con el mayor grado de precisión, a fin de poder fijar económicamente el tamaño de la estructura requerida y disponer del agua de escurrimiento sin que ocurran daños en la carretera.

Los métodos basados en observaciones directas requieren levantamientos cuidadosos de la cuenca de drenaje y de las características de la corriente, así como análisis hidrológicos y estudios hidráulicos precisos.

La captación de las aguas pluviales en primera instancia se hace a través de los sistemas de drenajes superficiales por medio de cuatro tipos de estructuras diferentes, las cuales serán estudiadas dependiendo de las características de la problemática presentada, estas estructuras son las más comunes en el diseño de drenaje en el país, tales como cunetas, sumideros, canales y alcantarillas de concreto, estas estructuras superficiales son complementadas con diseños de subdrenaje, debido a que un drenaje superficial no es suficiente para la completa captación del agua y esta termina filtrándose y deteriorando la obra vial.

Los elementos antes mencionados, se utilizan para canalizar el drenaje superficial de las vías, o sea, aquellas estructuras cuya finalidad es la de captar y dirigir las aguas que caen directamente sobre la calzada de la carretera o que provienen de áreas adyacentes no canalizadas, de tal manera que las aguas no ocasionen problemas de inundaciones en las zonas adyacentes o de influencias, cabe destacar que los canales se dividen en rápidos y torrenteras y a su vez las alcantarillas pueden dividirse en tuberías circulares de concreto y cajones de paso en concreto.

Las cunetas son el tipo de estructura que captan dirigen el agua pluvial en el sentido longitudinal de la vía, estas se colocan entre el brocal y la calzada, estas pueden presentarse en forma de canal o triangular. La geometría de la misma depende del gasto de diseño, el recubrimiento a utilizar en las cunetas depende de la velocidad

del flujo, tipo de suelo y de la inclinación y forma de la cuneta, esta presenta la misma pendiente de la vía.

Los canales son elementos que cumplen con la función de llevar el agua hacia la parte baja de los cortes, o rellenos, hasta otro canal de intersección, o a un punto de descarga, como por ejemplo una alcantarilla, estos canales pueden ser abiertos o cerrados, también dirigen el agua en el sentido longitudinal de la vía. Los canales al igual que las cunetas son de concreto, adicionalmente se les coloca acero en ambos sentidos. La inclinación del canal y de la vía no debe ser la misma, especialmente si la vía es plana. En aquellos casos en que la pendiente transversal del canal no es mucho mayor que la de la vía y sus superficies son del mismo tipo, se considera este como parte de la vía.

2.2.2.2 Pendiente Longitudinal

Pendiente longitudinal del terreno es la inclinación natural del terreno, medida en el sentido del eje de la vía.

Si la vía se ha proyectado con brocales la pendiente longitudinal no debe ser menor de 0.5%, en casos extremos de 0.3%. Si la vía se proyecta sin brocales, la pendiente longitudinal puede ser menor, pero esto trae como consecuencia el crecimiento de la vegetación. En el caso de las vías diseñadas en sectores muy planos, se recomienda aumentar la pendiente transversal. (Ver en Figura 3)

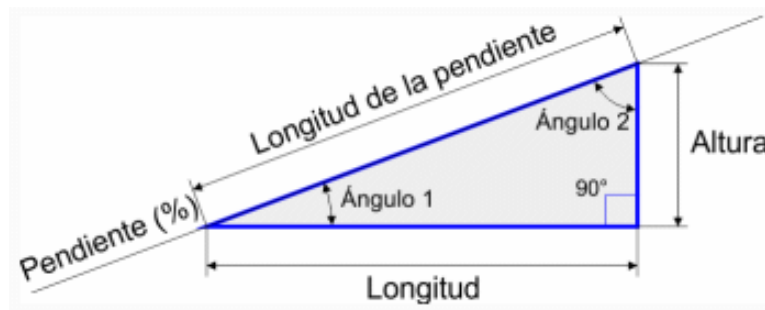


Figura 3. Pendiente longitudinal

Fuente: www.aulafacil.com

Por otra parte, en los puntos bajos y en una longitud correspondiente a unos 15m a partir de este punto, debe mantenerse una pendiente mínima de 0.3%, en

cualquier tipo de vialidad. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras - Instituto Nacional de Vías).

2.2.2.3 Pendiente Transversal

La pendiente transversal o bombeo es la inclinación que se da a la superficie de rodadura para evacuar rápidamente hacia los colectores y drenajes toda el agua superficial que cae sobre la superficie de rodadura; para drenar el agua superficial, se recomiendan los valores de inclinación en función a la calidad y tipo de superficie de rodadura.

Una pendiente transversal de 2% o menor, permite al conductor mantener la estabilidad del vehículo. En áreas de intensa lluvia puede llegarse hasta 2.5%. De hecho, en vías donde 3 o más canales tienen la misma pendiente transversal hacia el hombrillo, el último canal debe tener una pendiente mayor. Los 2 primeros canales pueden tener la pendiente normal, mientras que, en el par de canales subsiguientes, la pendiente puede incrementarse entre 0.5% a 1%. En este orden de idea, el máximo valor de la pendiente transversal es de 4%.

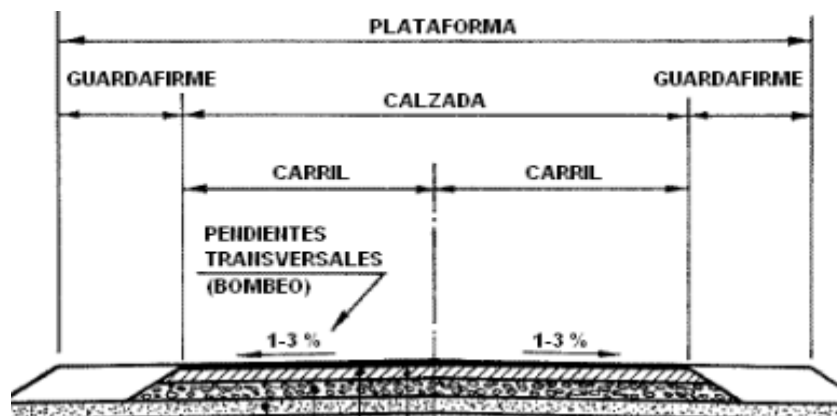


Figura 4. Pendiente transversal de vía.

Fuente: <http://www.cuvs.com>

2.2.3 Subdrenaje

Las aguas son una amenaza directa a la vida útil de las obras civiles, principalmente la de las vías terrestres, afectándolas de diversas maneras, estas se filtran o discurren por la superficie del terreno almacenándose si no son conducidas a

tiempo por alcantarillas, produciendo una saturación en el terreno que reduce su resistencia al esfuerzo cortante y que genera asentamientos, fuerzas de filtración que amenazan su estabilidad y peligro de tubificación, estas aguas tienden a brotar en los cortes de las carreteras o en las coronas de las mismas, amenazando la estabilidad de los cortes y el buen comportamiento de los pavimentos que cubren las coronas.

El drenaje subterráneo o subdrenaje tiene por objeto disminuir o eliminar la acumulación de agua producto de la lluvia en las carreteras para luego conducirlos a lugares donde es aprovechada, este tipo de obras protege el suelo de la erosión interna y simultáneamente permite el paso del agua a través del mismo, es utilizado para garantizar la durabilidad de las estructuras de pavimento ya que el exceso de agua presente en el suelo genera daños al mismo acortando la vida útil de la carretera, cumple la función de garantizar la estabilidad de la banca y de los taludes de la carretera, lo cual se consigue interceptando los flujos subterráneos y haciendo descender el nivel freático.

Los métodos de subdrenaje en cortes tienden a controlar el flujo del agua en el talud, evitan que fluya hacia la superficie y así restringir los cambios volumétricos del material y orientar favorablemente las corrientes de filtración. En el caso de los terraplenes, se logran disminuir los esfuerzos neutrales en el agua que llena los vacíos del suelo de la ladera, se aumentan los esfuerzos efectivos actuantes y se mejora la estabilidad del terraplén. En un sistema de subdrenaje el agua se filtrará por el material de relleno hasta el fondo y escurrirá por este o por la tubería drenante. También es posible acceder por la parte superior, si el sistema de drenaje subterráneo estuviera concebido para funcionar de esa manera, en caso de no estar bien aislada es posible la penetración de agua de escorrentía lo cual debe evitarse en todo caso

2.2.3.1 Componentes del sistema de subdrenaje pluvial

Se debe garantizar la seguridad de todo tipo de obras civiles, conociendo el daño causado por la infiltración de aguas en estas, al no tener un adecuado sistema de subdrenaje se genera una amenaza hacia la estabilidad y el rendimiento de cualquier proyecto vial por lo cual se debe tener principal cuidado en los materiales

involucrados en el diseño para asegurar correctamente las funciones de filtración y drenaje, aparte del material existen una serie de elementos y componentes que se deben tomar en cuenta a la hora de la realización de un sistema de subdrenaje pluvial, como lo son:

Geotextiles

Geodrenes

Tuberías de drenaje

2.2.3.2 Tipos de subdrenaje

Es evidente la existencia de variaciones en cada tipo de terreno y circunstancias diferentes para cada zona donde se realiza una obra, por ello es necesario obtener toda la información correspondiente a los ensayos previos de suelo y especificaciones de la zona para así garantizar que el tipo de diseño de subdrenaje escogido sea adecuado y funcione de manera óptima según los estándares y normas de diseño, como resultado de esto se encuentran los tipos de subdrenajes descritos a continuación:

Subdrenaje Tradicional

También llamado dren francés, son subdrenajes laterales para carreteras. Estos drenes son adecuados cuando la única pendiente disponible en la vía es el bombeo o los peraltes, o cuando la pendiente longitudinal es menor o igual a la pendiente transversal (bombeo o peralte). El caso límite para usar drenajes laterales es cuando dichas pendientes se igualan, por lo tanto, el agua corre formando un ángulo de 45° con el eje. El dren tradicional está conformado por una grava seleccionada envuelta en geotextil, con o sin la inclusión de un tubo perforado. El tiempo de estancia del agua en el dren debe ser suficientemente alto y la velocidad del agua suficientemente lenta para que exista infiltración a través del geotextil. De esta manera, en algunos drenes no es necesario dirigir el agua hasta el punto de vertido, pues al cabo de una cierta longitud se ha infiltrado totalmente

A veces se omiten los tubos de drenaje, en cuyo caso la parte inferior de la zanja queda completamente rellena de material drenante, constituyendo entonces el denominado dren ciego o dren francés. En estos drenes el material que ocupa el centro de la zanja es piedra gruesa, cuando existe peligro de migración del suelo, que rodea la zanja hacia el interior de la misma, se deberá disponer de un filtro normalmente geotextil, protegiendo el material drenante. (Ver en figura 5).

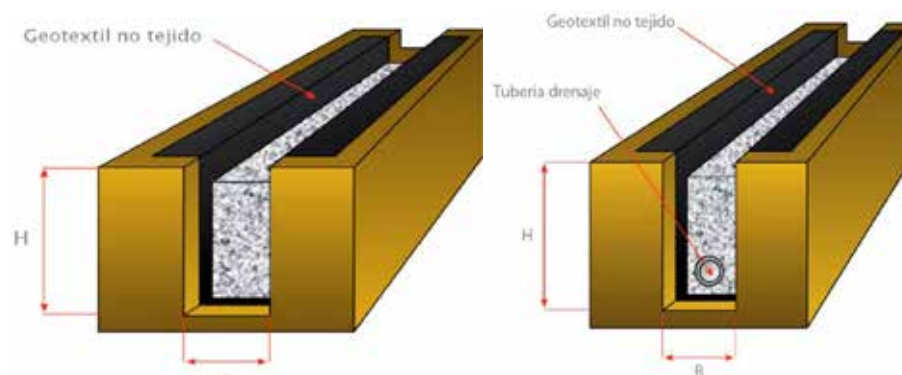


Figura 5: Esquema subdrenaje tradicional

Fuente: Tipología obras de drenaje y subdrenaje en vías, Julián Pulecio

Geodren vial

Es un sistema integral de captación, conducción y evacuación de fluidos que está compuesto por un geodren planar y una tubería corrugada de drenaje. Este sistema es resistente a la corrosión y no sufre ningún tipo de degradación por efecto de los agentes bioquímicos presentes en el ambiente. Este dren es una alternativa al sistema de drenaje tradicional, se puede instalar en contacto directo con una de las paredes de la excavación, dependiendo de la dirección del flujo. (Ver en figura 6)

Para lograr un buen diseño de un sistema de drenaje usando geodren, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos fundamentales:

Establecer el sitio o los sitios más convenientes en donde se requieran captar los fluidos.

Estimar el caudal crítico para un tramo de diseño, el cual es la sumatoria de los caudales de aporte que provienen del agua subterránea e infiltrada superficialmente.

Establecer el geotextil a usar en el sistema de filtración. El uso de los geotextiles ha venido desplazando los sistemas tradicionales de filtración, debido principalmente al aumento de la vida útil del sistema de drenaje, facilidad de instalación y reducción de los costos totales de la construcción. Adicionalmente los geotextiles son materiales de alta calidad que se fabrican siguiendo unos procesos normalizados, con el fin de lograr unas resistencias mecánicas y propiedades hidráulicas establecidas según normas internacionales.

Establecer el número de geo-redes necesarias que sean capaces de conducir el caudal de diseño.

Establecer el sistema de evacuación de los líquidos que capta el geodren. Es necesario que este sistema sea un tubo especial para drenaje.

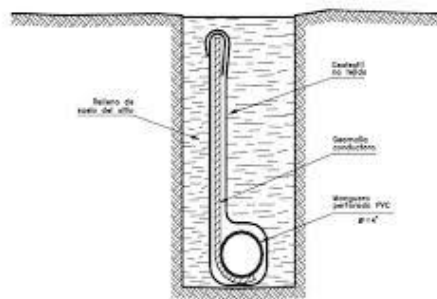


Figura 13.13. Diagrama de un subdrén 100% sintético

Figura 6. Esquema Geodren vial

Fuente: Geotextiles, subdrenaje y bioingeniería, Mora Y (2010)

Drenes de penetración transversal

Los mecanismos por lo que el agua satura los suelos que quedan a los lados de un corte que se realicen durante la construcción de una vía terrestre, pueden influir desfavorablemente en la estabilidad de sus taludes, estos ponen

en riego el equilibrio de una ladera natural a través de la que se establezca un flujo. Es de esperarse que la presencia de agua en los taludes de cortes sea normal en todos los terrenos en el que el nivel freático no sea más profundo que la rasante de la vía, el corte es estable bajo unas determinadas condiciones de aguas subterráneas y bajo ciertas cargas hidráulicas, por lo tanto, si una carga adicional de agua corre hacia él puede generar condiciones de carga hidráulica que genere presiones neutrales que produzcan falla.

Estos drenes tienen una longitud que varía entre 15 y 20 metros, las perforaciones en los tubos son de 4 milímetros de diámetro, ubicados cada 10 centímetros en ambos lados del tubo, alternando los ejes de las perforaciones de manera que sean perpendiculares entre sí, son resistentes a las presiones del material circundante (considerando los efectos durante la introducción de los tubos forrados a las perforaciones). Sin que se presenten desgarramientos del geotextil ni intrusiones del material en el tubo. (Ver Figura 7)

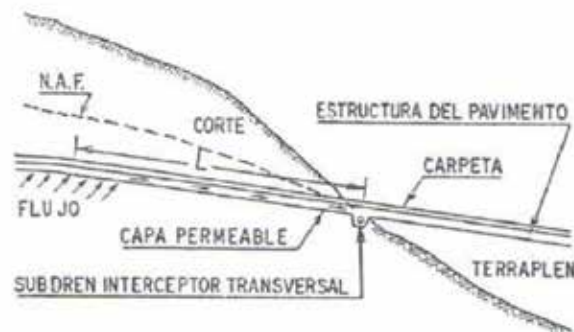


Figura 7. Esquema subdrenaje de penetración transversal

Fuente: Diseño de subdrenaje vial, Alvarado M, Naranjo J (2012)

2.2.4 Geotextiles

El geotextil es un material textil sintético plano formado por fibras poliméricas, similar a una tela de gran deformidad, estas garantizan la capacidad de drenaje en su propio plano y además funcionan como un material de filtro y separación lo cual ayuda a evitar el paso de partículas y dejarle el paso libre al agua,

estos cuentan con la ventaja de evitar la colmatación del material drenante y aumentan la capacidad de evacuación de los líquidos.

Los geotextiles que se definen como un material textil plano, permeable polimérico (sintético o natural) que puede ser No Tejido, Tejido o tricotado y que se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedras, etc.) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas. (Ver en figura 8).

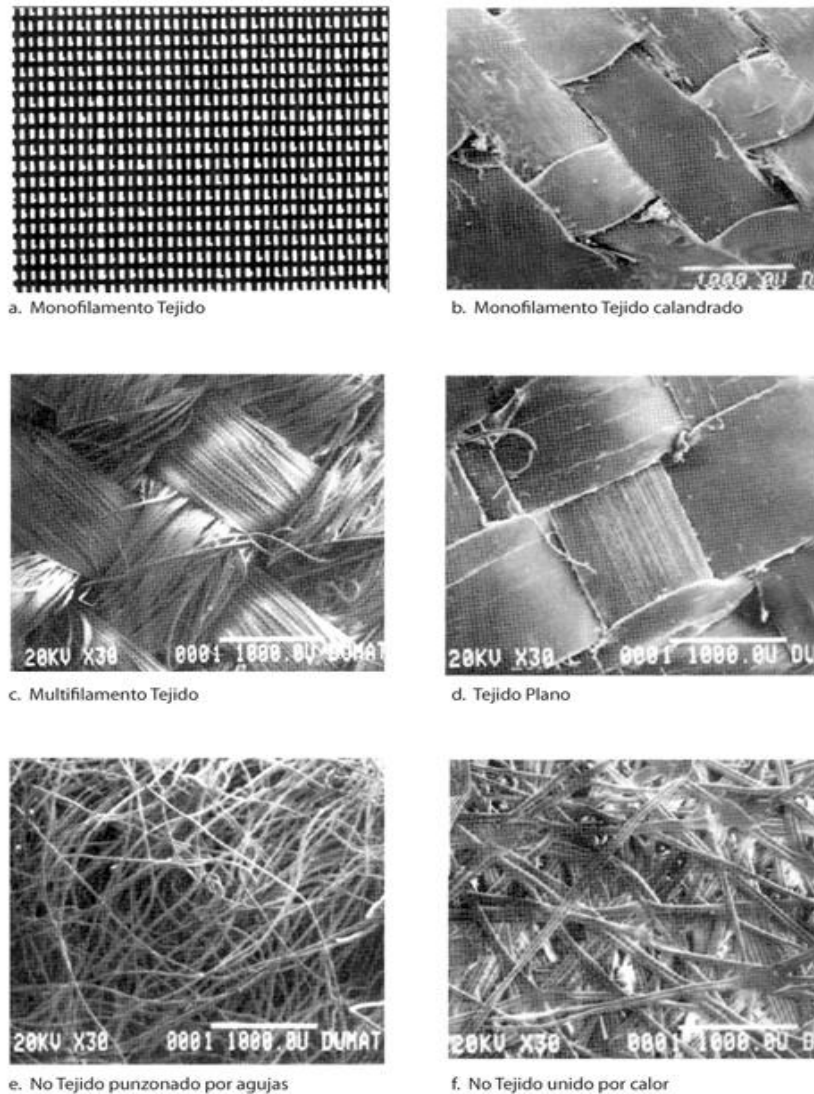


Figura 8. Tipos de geotextiles

Fuente: Manual de diseño PAVCO

2.2.4.1 Clasificación según su método de fabricación

Geotextiles tejidos

Son aquellos formados por cintas entrecruzadas en una máquina de tejer. Pueden ser Tejidos de calada o tricotados.

Los Tejidos de calada son los formados por cintas de urdimbre (sentido longitudinal) y de trama (sentido transversal). Su resistencia a la tracción es de tipo biaxial (en los dos sentidos de su fabricación) y puede ser muy elevada (según las características de las cintas empleadas). Su estructura es plana.

Los tricotados están fabricados con hilo entrecruzado en máquinas de tejido de punto. Su resistencia a la tracción puede ser multiaxial o biaxial según estén fabricados en máquinas tricotasas y circulares, o Ketten y Raschel. Su estructura es tridimensional.

Geotextiles No Tejidos

Están formados por fibras o filamentos superpuestos en forma laminar, consolidándose esta estructura por distintos sistemas según cual sea el sistema empleado para unir los filamentos o fibras. Los geotextiles No Tejidos se clasifican a su vez en:

Geotextiles No Tejidos ligados mecánicamente o punzonados por agujas

Geotextiles No Tejidos ligados térmicamente o termosoldados

Geotextiles No Tejidos ligados químicamente o resinados

2.2.4.2 Clasificación según su composición

Las fibras que más se emplean son las sintéticas, siendo por ello que siempre tendemos a asociar al geotextil con fibras o filamentos sintéticos. Sin embargo, al existir gran diversidad de aplicaciones, también se fabrican con fibras naturales y artificiales.

Fibras naturales

Pueden ser de origen animal (lana, seda, pelos...) vegetal (algodón, yute, coco, lino...) que se utilizan para la fabricación de geotextiles biodegradables utilizados en la revegetación de taludes, por ejemplo, en márgenes de ríos etc.

Fibras artificiales

Son las derivadas de la celulosa. Son el rayón, la viscosa y el acetato.

Fibras sintéticas

Cuando al geotextil se le exige durabilidad, se fabrica con fibras o filamentos obtenidos de polímeros sintéticos. Los geotextiles fabricados con estos polímeros son de gran durabilidad y resistentes a los ataques de microorganismos y bacterias.

Los más empleados son el polipropileno, poliéster, polietileno, poliamida y poliacrílico.

2.2.4.3 Funciones y campos de aplicación

El uso de los geotextiles Tejidos y No Tejidos en los diferentes campos de aplicación pueden definirse mediante las funciones que va a desempeñar. En la mayoría de las aplicaciones el geotextil puede cumplir simultáneamente varias funciones, aunque siempre existirá una principal que determine la elección del tipo de geotextil que se debe utilizar.

A continuación, se describen las distintas funciones y aplicaciones que pueden desempeñar los geotextiles, así como las exigencias mecánicas e hidráulicas necesarias para su desarrollo:

Función de separación

Esta función, desempeñada por los geotextiles consiste en la separación de dos capas de suelo de diferentes propiedades geomecánicas (granulometría, densidad, capacidad, etc.) evitando permanentemente la mezcla de material.

Se referencian las aplicaciones de Robert M. Koerner en su libro "Designing With Geosynthetics"- Quinta Edición.

Entre la subrasante y la base de piedra en caminos y pistas de aterrizaje no pavimentados.

Entre la subrasante y la base de piedra en caminos y pistas de aterrizaje pavimentados.

Entre la subrasante y el balasto en vías férreas

Entre rellenos y capas de base de piedra.

Entre geomembranas y capas de drenaje de piedra.

Entre la cimentación y terraplenes de suelos como sobrecargas.

Entre la cimentación y terraplenes de suelos para rellenos de caminos.

Entre la cimentación y capas de suelo encapsuladas.

Entre los suelos de cimentación y muros de retención rígidos.

Entre los suelos de cimentación y muros de retención flexibles.

Entre taludes y bermas de estabilidad aguas abajo.

Debajo de áreas de estacionamiento.

Debajo de bloques prefabricados y paneles para pavimentos estéticos.

Entre capas de drenaje en masas de filtro pobremente gradado.

Entre diversas zonas de presas en tierra.

Entre capas antiguas y nuevas de asfalto.

Función refuerzo

En esta función se aprovecha el comportamiento a tracción del geotextil para trabajar como complemento de las propiedades mecánicas del suelo, con el fin de controlar los esfuerzos transmitidos tanto en la fase de construcción como en la de servicio de las estructuras.

El geotextil actúa como un elemento estructural y de confinamiento de los granos del suelo, permitiendo difundir y repartir las tensiones locales. Estas acciones aumentan la capacidad portante y la estabilidad de la construcción.

Sobre suelos blandos para caminos no pavimentados

Sobre suelos blandos para vías férreas

Sobre suelos blandos para rellenos

Sobre suelos heterogéneos

Para reforzar terraplenes

Para reforzar presas de tierra y roca

Para estabilización temporal de taludes

Para reforzar pavimentos flexibles con juntas

Para anclar paneles frontales en muros de tierra reforzada

Para prevenir el punzonamiento de geomembranas por suelos

Para prevenir el punzonamiento de geomembranas por materiales de relleno o base de piedra

Para crear taludes laterales más estables debido a la alta resistencia friccionante

Para la compactación y consolidación in-situ de suelos marginales

Para ayudar en la capacidad portante de cimentaciones superficiales

Función de drenaje

Consiste en la captación y conducción de fluidos y gases en el plano del geotextil. La efectividad del drenaje de un suelo dependerá de la capacidad de drenaje del geotextil empleado y del gradiente de presiones a lo largo del camino de evacuación del fluido.

Para realizar el drenaje satisfactoriamente el espesor debe ser suficiente al aumentar la tensión normal al plano de conducción. Adicionalmente el geotextil debe impedir el lavado o transporte de partículas finas, las cuales, al depositarse en él, reducen su permeabilidad horizontal. Además, debe garantizar el transporte de agua en su plano sin ocasionar grandes pérdidas de presión.

Se usan como:

- Como un dren chimenea en una presa de tierra
- Como una galería de drenaje en una presa de tierra
- Como un interceptor de drenaje para flujo horizontal
- Como una cubierta de drenaje debajo de un relleno de sobrecarga
- Como un dren detrás de un muro de retención
- Como un dren detrás del balasto de vías férreas
- Como un dren de agua debajo de geomembranas
- Como un dren de gas debajo de geomembranas
- Como un dren debajo de campos deportivos
- Como un dren para jardines de techo
- Como un disipador de presión de poros en rellenos de tierra
- En reemplazo de drenes de arena
- Como una barrera capilar en áreas sensibles al congelamiento
- Como una barrera capilar para la migración de sales en áreas áridas

Función filtro

Esta función impide el paso a través del geotextil de determinadas partículas del terreno (según sea el tamaño de dichas partículas y el del poro del geotextil) sin impedir el paso de fluidos o gases. En la práctica se utiliza el geotextil como filtro en muchos sistemas de drenaje. En los embalses con

sistema de drenaje en la base, a fin de localizar posibles fugas, se utiliza como filtro en los tubos de drenaje a fin de evitar el taponamiento de los orificios de drenaje de dichos tubos.

En lugar de filtro de suelo granular

Alrededor de piedra picada que rodea los subdrenes

Alrededor de piedra picada sin subdrenes (Drenes franceses)

Alrededor de piedra y tubería perforada en pisos de adoquines

Como protección contra los sedimentos

Como cortina a los sedimentos

Para proteger el material de drenaje en chimeneas

Para proteger el material de drenaje en galerías

Alrededor de núcleos moldeados en geodrenes

Alrededor de núcleos moldeados en drenes de zanja

Contra georedes para prevenir la intrusión del suelo

Función protección

Previene o limita un posible deterioro en un sistema geotécnico. En los embalses impermeabilizados este sistema geotécnico se denomina pantalla impermeabilizante y está formado por el geotextil y la geomembrana.

El geotextil protege a la geomembrana de posibles perforaciones o roturas, al formar una barrera antipunzonante bajo la acción de la presión de la columna de agua durante la explotación del embalse, del paso de personal y maquinaria durante la construcción, mantenimiento, posibles reparaciones, etc. También evita las perforaciones que podría ocasionar el crecimiento de plantas debajo de la pantalla impermeabilizante.

De igual forma, protege a la Geomembrana del rozamiento con el soporte que se produce durante las sucesivas dilataciones y contracciones que experimenta por efecto de las variaciones térmicas. La lámina impermeabilizante se adapta a las irregularidades del terreno.

Las irregularidades pronunciadas implican una tensión en la lámina la cual a su vez causa una pérdida de espesor en la misma dando origen a puntos débiles en los que se podrían producir posibles perforaciones o roturas causadas por objetos punzantes del terreno. La interposición del geotextil evitará la pérdida de estanqueidad que se produciría por todas estas causas.

Función de impermeabilización

Esta función se consigue desarrollar mediante la impregnación del geotextil con asfalto u otro material impermeabilizante sintético.

El geotextil debe tener la resistencia y rigidez necesaria para la colocación del mismo, así como la capacidad de deformación suficiente para compensar las tensiones térmicas.

2.3 Definición de términos básicos

Ahuellamiento: es una forma de deterioro en la capa superficial de rodadura, asociada con las condiciones de carga y climáticas a las que está sometido el pavimento.

Capacidad de infiltración: velocidad máxima con que el agua penetra en el suelo. La capacidad de infiltración depende de muchos factores; un suelo desagregado y permeable tendrá una capacidad de infiltración mayor que un suelo arcilloso y compacto.

Esgurrimiento: se refiere al volumen de las precipitaciones que cae sobre una cuenca, va en función de la intensidad de la precipitación y la permeabilidad del suelo.

Esgurrimiento superficial: ocurre cuando el agua entra en el canal o estructura de captación luego de haber recorrido la superficie del suelo en ruta hacia el canal. El esgurrimiento va siempre en retraso de las características del área drenable, es decir, el esgurrimiento es un componente residual de la lluvia.

Estancamiento: Excesos de agua acumulada.

Estructura de captación: son estructuras creadas para la recolección de aguas de lluvia que drenan a través de las calles.

Erosión: es el desgaste que se produce en la superficie de un cuerpo por la acción de agentes externos o por la fricción continua de otros cuerpos.

Filtración: movimiento y paso de agua alrededor de estructuras.

Frecuencia de lluvia: es el intervalo de recurrencia o el número de veces que un evento es igualado o excedido en un intervalo de tiempo determinado o en un número de años.

Gasto: gasto o caudal es el volumen de agua que pasa por una sección dada de un canal en un tiempo dado, esto indica que el gasto tiene dimensión de volumen sobre tiempo.

Gasto de diseño: generalmente es el evento o caudal máximo de escurrimiento que se ocurre en una zona en un período de retorno establecido, el cual corresponde a la cantidad de agua que debe ser desalojada. Esos caudales son evaluados por el período de retorno de la lluvia que las genera conjuntamente con la importancia de la zona.

Geomecánicas: implica el estudio geológico del comportamiento del suelo y rocas. Las dos principales disciplinas de la geomecánica son la mecánica de suelos y la mecánica de rocas.

Geomembrana: Son un recubrimiento, una membrana o barrera de muy baja permeabilidad aplicada a la ingeniería geotécnica para controlar la migración de fluidos.

Geotextil: material textil sintético plano, formado por fibras poliméricas.

Granulometría: La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136).

Hidrología: es aquella de la geografía física relacionada con el origen, la distribución y las propiedades de las aguas en la tierra.

Intensidad de lluvia: es el volumen de agua que precipita por unidad de tiempo y generalmente se expresa en unidades de mm/hora, mm/min, mm/seg, etc.

Nivel Freático: Es el lugar geométrico de los puntos donde la presión del agua es igual a la presión atmosférica. En otras palabras, el nivel freático está definido por los niveles alcanzados por el agua subterránea en pozos de observación (nivel piezométrico).

Pavimento: revestimiento del suelo con asfalto, concreto u otro material.

Pendiente: cuesta o declive de un terreno.

Precipitación: agregado de partículas acuosas, líquidas o sólidas, cristalizadas, que caen de una nube o grupo de nubes y alcanzan el suelo.

Punzonamiento: Es un esfuerzo producido por tracciones en una pieza debidas a los esfuerzos tangenciales originados por una carga localizada en una superficie pequeña de un elemento bidireccional de hormigón, alrededor de su soporte.

Sistema de drenaje vial: son medidas destinadas a evitar que las aguas dentro de una vía alcancen límites de inundación que causen trastornos al desenvolviendo del tráfico y daños a las edificaciones existentes alrededor del sector, estas medidas se llevan a cabo mediante el diseño de una serie de estructuras destinadas a captar y canalizar esta agua, evitando de esta manera los daños antes mencionados.

Tubificación: Se da cuando el agua reacciona con un suelo disolviendo sus partículas y generando un espacio hueco en una capa del suelo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Para la elaboración de la presente tesis, se procede a la elección de un tema después de analizar varias posibilidades, se eligió el tema sobre el subdrenaje de las carreteras y en esta fase se procederá a incluir las acciones o pasos a seguir con el fin de analizar y dar solución a las problemáticas. Arias (2006), explica el marco metodológico como el “Conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas de investigación” (p.18).

Luego de explicar esto se establecen consideraciones para efectuar el desarrollo, que se debe poseer para tener un seguimiento de cada variable de estudio y también el área donde se desarrollan las mismas.

3.1 Tipo de investigación

Para Méndez (2007, p. 228), al desarrollar el tipo de investigación se debe considerar “El nivel de conocimiento científico (observación, descripción, explicación) al que espera llegar el investigador, se debe formular el tipo de estudio”.

Adicionalmente, Chávez (2007, p. 133), expresa que el tipo de investigación “Se determina de acuerdo con el tipo de problema que el lector desea solucionar, objetivos que pretenda lograr y disponibilidad de recursos”. El investigador debe indagar sobre que otros criterios clasificarán su estudio, con el objeto de completar tal explicación, señalando de esta manera las razones consideradas para incluirlas en los diversos tipos, basándose en la realidad de su trabajo científico.

El proyecto se considera una investigación de un proyecto tipo factible, ya que el mismo es una propuesta viable, destinada para tener en cuenta necesidades específicas a partir de un análisis.

3.2 Diseño de la investigación

Arias (2006), define el diseño de la investigación como “El diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al

problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental.” (p.26)

Al mismo tiempo, Tamayo (2007, p.110), argumenta “Cuando los datos se recogen directamente de la realidad, por lo cual se denomina primarios, su valor radica en que permiten cerciorarse de las verdaderas condiciones en que se han obtenido los datos”.

Según Arias (2006), la investigación documental “Es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de *datos secundarios*, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: *impresas, audiovisuales o electrónicas*. Como en toda la investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos” (p.27). También se puede deducir que esta investigación es de tipo documental según lo definido por Arias.

3.3 Nivel de la investigación

De acuerdo con Fidiás G. Arias (2006) el nivel de investigación: “Se refiere al grado de profundidad con el que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (2006, pág. 23).

Este proyecto de investigación estará basado en una investigación exploratoria ya que se desarrollara un tema de investigación que ha sido poco estudiado y únicamente existen ideas dispersas relacionadas con el tema.

3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Es el procedimiento o forma particular de obtener datos o información. La aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser resguardada mediante un instrumento de recolección de datos.

Cuando se habla de técnica, Falcón y Herrera (2005), acuerdan lo siguiente: “Se entiende como técnica el procedimiento o forma particular de obtener datos o información”. La aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser resguardada mediante un instrumento de recolección de datos, lo cual según los autores antes mencionados “Son dispositivos o formatos (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”. La selección

de técnicas e instrumentos de recolección de datos implica determinar por cuales medios los investigadores obtendrán la información necesaria para alcanzar los objetivos de la investigación.

Según Tamayo y Tamayo (2001), “La recolección de los datos depende en gran parte del tipo de investigación y del problema planteado para la misma, y ‘puede efectuarse desde la simple ficha bibliográfica, observación, entrevista, cuestionarios o encuestas y aun mediante la ejecución de investigaciones para este fin.” (p.182)

Tamayo y Tamayo (2001), observación se define como “Es la más común de las técnicas de investigación; la observación sugiere y motiva los problemas y conduce a la necesidad de la sistematización de los datos.” (p.182)

En cuanto al análisis cuantitativo, Sabino (2001), plantea que en este caso se efectúa naturalmente, con toda la información numérica resultante de la investigación. Mostrando la información recolectada en cuadros y medidas, calculando sus porcentajes.

Según Tamayo y Tamayo (2001) “El procesamiento de datos, cualquiera que sea la técnica empleada para ellos, no es otra cosa que el *registro* de los datos obtenidos por los instrumentos empleados, mediante una técnica analítica en la cual se comprueba la hipótesis y se obtienen las conclusiones” (p. 187)

El análisis e interpretación de los datos recolectados se realizará utilizando técnicas de análisis de datos cuantitativas y cualitativas.

3.5 Fases Metodológicas

Fase I: Determinar parámetros básicos y valores críticos para el estudio del diseño y el cálculo del proyecto: Esta información se recopilará con varios principios que permiten la obtención de los mismos. Al describir los métodos, se procede a detallar las características que son de ayuda para enfocarse en las diferencias y similitudes entre los resultados, y previo a la descripción tener una idea, de lo que se utilizara en los datos necesarios para el diseño.

Se procede a elaborar una hoja de cálculo que permita resolver los diferentes modelos matemáticos a estudiar, de esta manera resolver cada uno de los problemas y

recopilar cada uno de los datos, esto ayudara a cuantificar los datos de cada uno, poder recopilarlos y estudiar las diferencias matemáticas, su margen aceptación entre un resultado y otro, y poder tomar un buen criterio de cual método y resultado puede favorecer según sea el caso y permite escoger un tipo de sistema que cumpla con lo requerido, así como también puntualizar cada calculo obtenido.

Fase II: Analizar sistemas de subdrenaje que cumpla con las expectativas, determinando el mecanismo, la ubicación, profundidades de las líneas de subdrenaje y los materiales que se utilizaran para la elaboración del diseño: se determinara el diseño, los materiales, las profundidades mínimas, la ubicación de las líneas de drenaje a utilizar para realizar el sistema de subdrenaje de acuerdo con la información encontrada, mediante los resultados obtenidos por los cálculos realizados, se decidirá el sistema de subdrenaje que sirva como complemento a la estructura de drenaje presente en la vialidad, dándole a la misma durabilidad y eficiencia, considerando especificaciones técnicas.

Fase III: Elaborar el diseño de un sistema de subdrenaje para la vialidad Av. Paseo Valencia, tramo Kayson- Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia. Estado Carabobo: se darán las especificaciones para la construcción del mismo, seguidamente se elaboraran los planos y detalle necesarios, para indicar la ubicación de las estructuras de subdrenaje, así como sus dimensiones, ya diseñados preliminarmente y haciendo referencia al diseño de drenaje que se encuentra ya propuesto para el caso en estudio.

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo, se presentan todos los resultados obtenidos, que ayudaran a respaldar, la investigación desarrollada y la solución planteada como alternativa de mejoramiento y optimización, adecuándose a las especificaciones técnicas del área de estudio y sus diferentes componentes que influyen directamente en el estudio del diseño, garantizando así la obtención de conclusiones satisfactorias. A continuación, se detalla el estudio en el mismo orden expuesto para los objetivos específicos.

4.1 Recopilación de parámetros básicos y valores críticos para el estudio del diseño y el cálculo del proyecto.

El diseño de un sistema de subdrenaje depende principalmente de las diferentes características de la zona y las necesidades de la localidad, por ello es necesario conocer las características físicas del lugar de estudio como: precipitaciones, hidrología, topografía y condiciones del terreno, las cuales son necesarias para el correcto dimensionamiento de los principales elementos encontrados dentro del sistema de recolección de aguas pluviales, siendo estas las principales variables a considerar.

La vialidad Av. Paseo Valencia, tramo Kayson- Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia. Edo Carabobo, cuenta con una longitud de 2,5 Km, para el vértice inicial (Av. Sesquicentenario) la latitud y longitud inicial respectivamente son: 10° 09' 08.45" N; 67° 59' 06.23" W y Vértice Final (Conexión con vialidad hacia la Plaza de Toros) 10° 08' 10.83" N; 67° 58' 36.56" W.

4.1.1 Estudio hidrológico de la zona

Se toma en cuenta la caracterización del régimen de precipitación mensual y anual, su distribución espacial y el análisis de las lluvias extremas, los estudios se realizaron mediante la recolección de datos de estaciones climatológicas ubicadas en las adyacencias del sitio del proyecto.

Según el INE (Instituto Nacional de Estadísticas). La precipitación promedio en el municipio Valencia. Estado Carabobo es de 1.138,2 mm anuales, durante un periodo de catorce (14) años, El patrón de distribución temporal es de régimen unimodal, con un periodo lluvioso de Mayo a Noviembre y un máximo en el mes de Agosto, en donde se descarga el 86,5% del total anual.

Para el caso en estudio de la Av. Paseo Valencia, tramo Kayson- Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia. Edo Carabobo, se consideran las curvas IDF de la región VII centro para elevaciones menores de 500 msnm a través de la duración, frecuencia e intensidad que nos permitieron realizar el cálculo posterior de las curvas IDF. (Ver en figura 9)

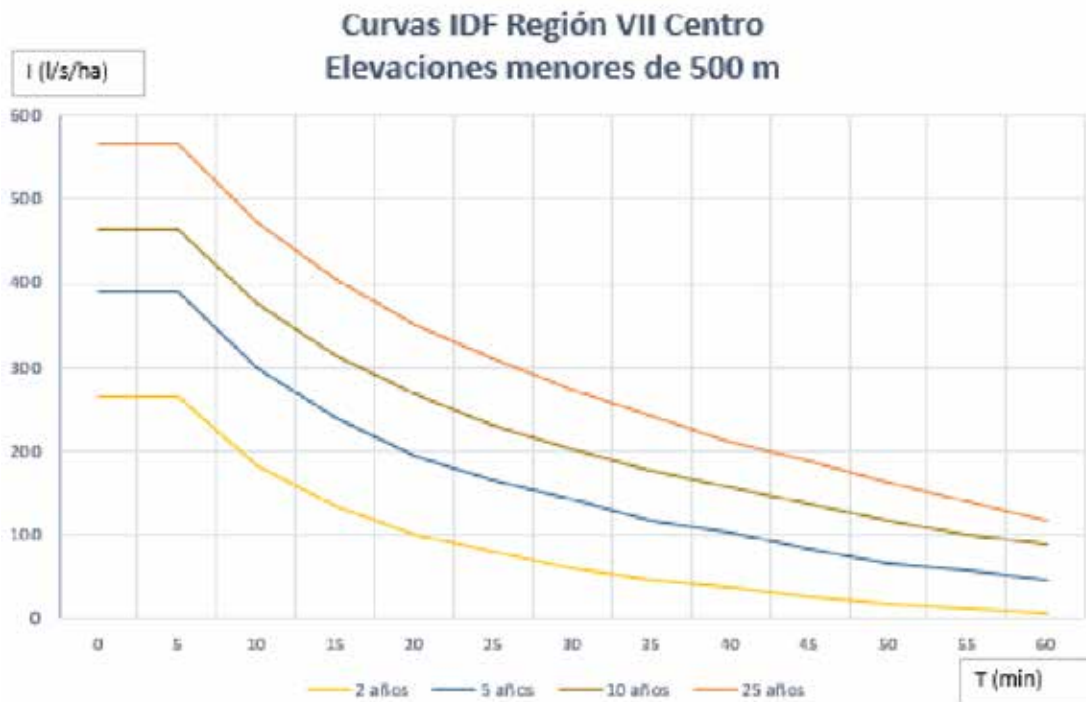


Figura 9. Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF)

Fuente: Libro Drenaje Vial para ingenieros viales por Manuel Bengaray.

4.1.1.1 Coeficiente de escorrentía

Para la zona de estudio se establecieron los siguientes valores de escorrentía para la zona urbana en estudio para poder sacar el caudal de lluvia, se tomaron los

siguientes valores: 0,95 correspondiente al asfalto, 0,90 para concreto y 0,30 zonas verdes. (Ver Tabla 1.).

Tabla 1 Valores de coeficiente de escorrentía C para zonas urbanas

VALORES DE COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C PARA ZONAS URBANAS			
Tipo de terreno	C	Tipo de terreno	C
Tejados y Azoteas	0,85 a 0,9	Caminos de Grava	0,3
Patios	0,85	Jardines y Zonas Verdes	0,3
Pavimentos y Concretos	0,95		

Fuente: Libro Drenaje Vial para ingenieros viales por Manuel Bengaray.

4.1.1.2 Periodo de retorno

La elección del periodo de retorno de diseño, en un sistema de drenaje pluvial, influye en el nivel de protección contra inundaciones y por consiguiente en la capacidad del sistema y el riesgo o probabilidad de falla de la obra.

Debido a que los periodos de retorno influyen directamente en la capacidad de la obra y por lo tanto en el costo final del proyecto, es esencial la estimación de los mismos ya que un exagerado periodo de retorno puede resultar en proyectos muy costosos y que la mayor parte de su vida útil funcionen muy por debajo de su capacidad.

Se establece un valor de 25 años como periodo de retorno, información obtenida del libro de drenaje vial para ingenieros viales por Manuel Bengaray.

4.1.1.3 Sentido del flujo

Se delimita el perfil longitudinal en los cambios de pendiente existentes. (Ver en figura 10 a 15) y se expresan según sus tramos en tabla. (Ver en tabla 2).

Figura 10: Sentido del flujo tramo 1

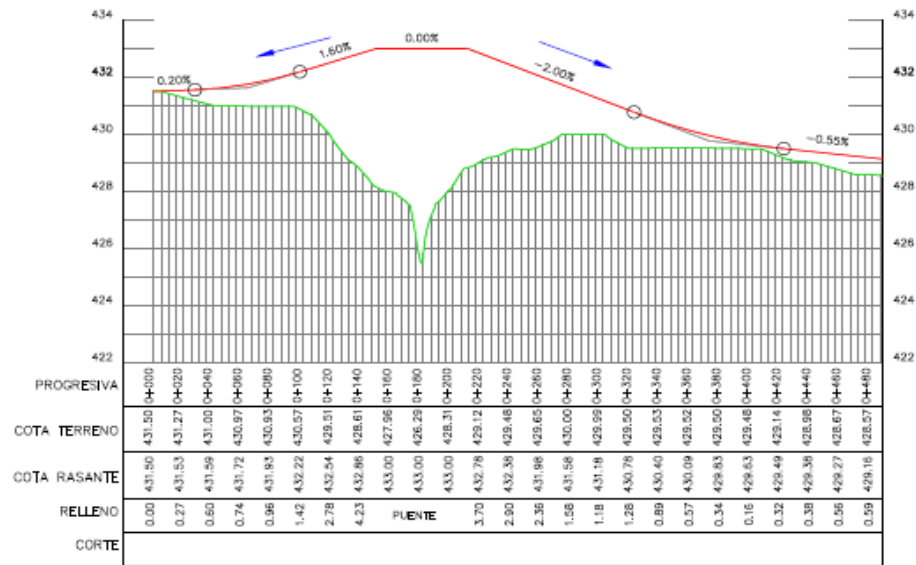


Figura 11: Sentido del flujo tramo 2

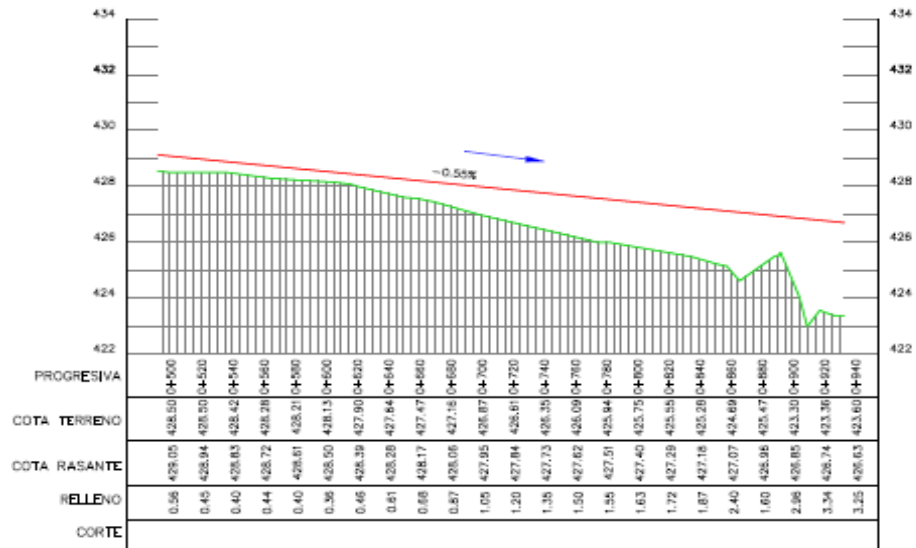


Figura 12: Sentido del flujo tramo 3

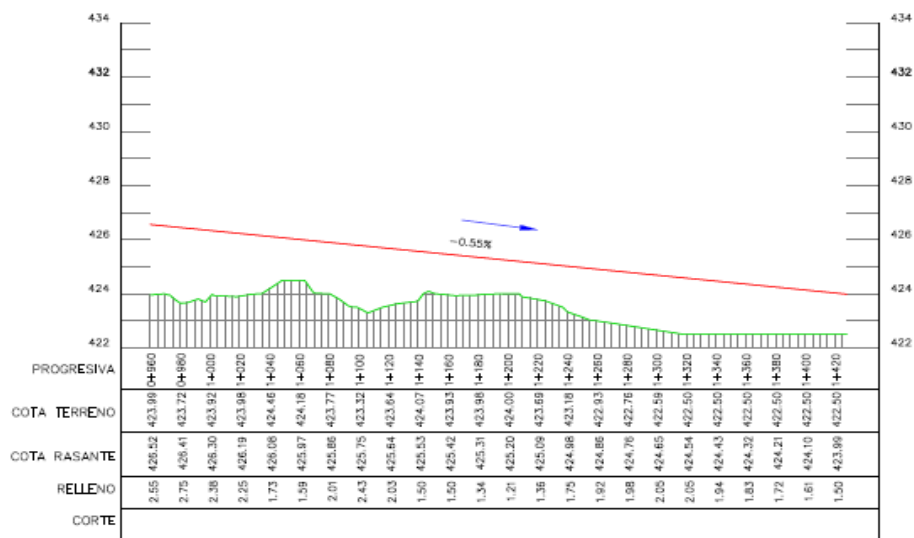


Figura 13 Sentido del flujo tramo 4

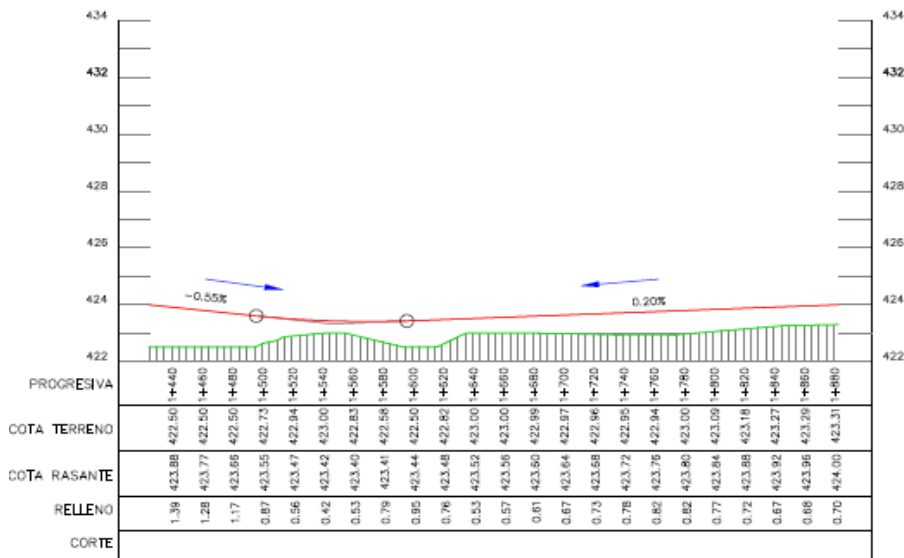


Figura 14: Sentido del flujo tramo 5

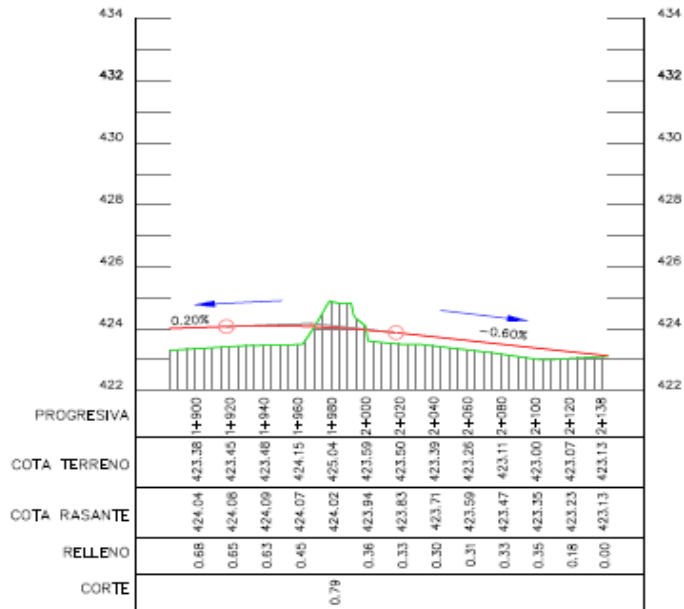


Tabla 2. Delimitación del perfil longitudinal por cambio de pendiente

Tramo	Progresiva	%	Pendiente
1	0+000 a 0+067,446	0,20%	0,002
2	0+067,446 a 0+154,024	1,60%	0,016
3	0+154,024 a 0+214,006	0,00%	0,00
4	0+214,006 a 0+375,721	-2,00%	-0,02
5	0+375,721 a 1+546,335	-0,55%	-0,0055
6	1+546,335 a 1+968,457	0,20%	0,002
7	1+968,457 a 2+138,556	-0,60%	-0,006

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

4.1.1.4 Dirección del sentido del drenaje

Una vez obtenido el perfil longitudinal se procede a especificar la dirección por tramo del sentido de drenaje a donde escurrirá el flujo de agua. (Ver en tabla 3).

Tabla 3. Dirección del sentido del subdrenaje

Tramo	L(m)	Pendiente media			
1	67,446	0,009869501	25	251,65	1550,39
2	86,578				
3	59,982	0	0	0	0
4	161,715	0,007259976	25	293,41	15636,66
5	1170,614				
6	422,122	0,002	25	559,02	9438,93
7	170,099	0,006	25	322,75	2195,97

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

Dónde:

L: recorrido superficial del agua (m), no es mayor de 90 m ni menor de 25 m (referencia: Libro Diseño de Obras de drenaje Volumen I por Ing. Francisco Camacho).

Pendiente Media (S%) =

L: longitud total de cada tramo (m)

4.1.1.5 Tiempo de concentración

Se realiza el cálculo el tiempo de concentración superficial (Tcs) y el tiempo de viaje (Tv), siendo el primero aquel que tarda una gota de lluvia desde que cae al suelo hasta que se concentra en pequeños canaliculos y el segundo una vez que el agua se concentra en canaliculos empieza su viaje a través de ellos, en general se puede calcular o aproximar la velocidad a lo largo de los diferentes segmentos. (Ver en tabla 4).

Tabla 4. Cálculo del tiempo de concentración de cada sentido de drenaje

Tramo	Tcs	Tv	Tc
1	0,63	5,58	6,21
2			
3	0,00	0,00	0,00
4	0,73	33,08	33,81
5			
6	1,40	22,42	23,82
7	0,81	7,30	8,10

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

Dónde:

$$T_c = T_{cs} + T_v \text{ (min)}$$

Tiempo de concentración superficial (Tcs): $T_{cs} = \frac{L}{\sqrt{S}}$

: Raíz cuadrada de la pendiente media

M: Cobertura superficial

Para este caso se tomó $M = 400$ por pavimentos ubicado en el libro de Diseño de Obras de Drenaje, por el Ingeniero Francisco Camacho. (Ver en tabla 5).

Tiempo de viaje (Tv): $T_v = 0,0195 L$ (min)

L: Recorrido encausado (m)

Tabla 5. Valores de la Cobertura Superficial

N°	Cobertura	M
1	Bosque Húmedo Tropical	50
2	Cultivos Terraceos, Pastos Altos	100
3	Potrero, Pastizales Cortos	140
4	Cultivos en Hilera	150
5	Ninguna Vegetación	200
6	Pavimentos o Cárcavas Incipientes	400

Fuente: Libro de Diseño de Obras de Drenaje Volumen I por Ing. Francisco Camacho.

4.1.2 Características de la vialidad

4.1.2.1 Cálculo del área y longitud de la vía

Se realizaron los cálculos de las áreas con el soporte del software de AutoCAD medida para dicha operación en el cual se calculó el área total de la vía en estudio, área de capa de concreto, área de capa asfáltica y las zonas verdes. (Ver en tabla 6).

Tabla 6. Cálculo del área de la vialidad en estudio

Cálculo del Área de la Vialidad		
Área Asfalto(m ²)	Área Concreto(m ²)	Área Verde(m ²)
39355,0103	21603,1052 m ²	17745,8845 m ²

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

Teniendo como totalidad un Perímetro de 5250 m, Área de la vialidad de 78,704 m² y Longitud del plano longitudinal son 2140 m.

4.1.2.2 Vista satelital del terreno en estudio.



Figura 15. Definición del eje de la vía

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía con base en Google Earth (2019)

4.1.2.3 Vista de las secciones transversales de la vía

Se procedió a diseñar las secciones transversales de la vía tomando en cuenta que; La Avenida 81 será una conexión entre La Avenida Sesquicentenario ya existente y la futura autopista del sur que se encuentra en proyecto, ambas vías están dispuestas a dos canales y un hombrillo para cada sentido por lo que para continuar la homogeneidad se decidió diseñar dos canales para ambos sentidos con cuatro secciones de vía distintas, para cada tramos de la vía.

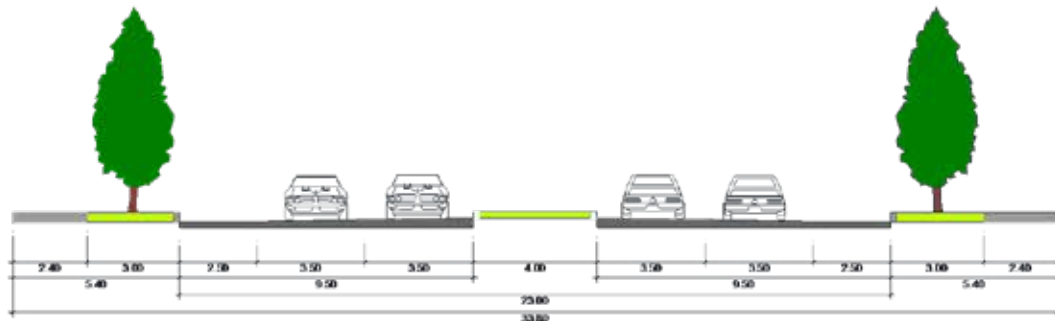


Figura 16. Sección transversal Isla 4,00 m y Acera con área verde.
 Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, República de Colombia.

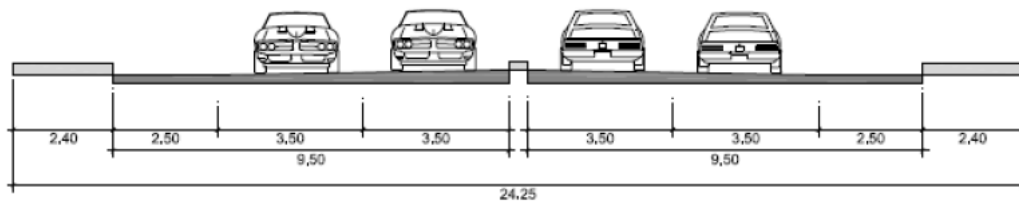


Figura 17. Sección transversal Isla Central de 0,45 m y Acera Simple.
 Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, República de Colombia.

4.2 Estimar los valores críticos para el cálculo del proyecto

Para la realización de un sistema de subdrenaje óptimo y funcional es necesaria la estimación de los valores críticos.

4.2.1 Estimación del caudal de diseño

Los subdrenajes son sistemas utilizados para retirar el agua de infiltración o subterránea que entra a la estructura, este se realiza para complementar el sistema eficiente de drenaje superficial en vías, con objetivo de eliminar los excesos de agua y alargar la durabilidad de la obra. Para el diseño de un subdrenaje los caudales que conforman el caudal total de diseño son el caudal generado por infiltración de agua de lluvia y el caudal generado por el abatimiento del nivel de agua subterránea.

4.2.1.1 Caudal por infiltración

El caudal por infiltración es aquel generado por el agua de lluvia y que cae directamente en la carpeta del pavimento. Una parte de esta se infiltra en la estructura del pavimento debido a que las carpetas de pavimento tanto rígidas como flexibles, no son impermeables, se procede al cálculo del caudal generado por infiltración para el diseño del proyecto. (Ver en tabla 7)

Tabla 7. Valores de caudales por infiltración

Caudal por infiltración						
Tramo	L(m)	Ir(m/s)	B(m)	Fi	Fr	Qinf (m/s ²)
1	67,446	3,00E-05	7,2	0,40	1/3	4,44E-03
2	86,578					1,73E-03
3	59,982					3,84E-02
4	161,715					1,22E-02
5	1170,614					4,90E-03
6	422,122					
7	170,099					

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

Dónde:

Precipitación máxima horaria de frecuencia anual, registrada en la zona del proyecto.(m/s)

Para subdrenajes longitudinales, B es la media sección de vía

Longitud del tramo de drenaje

Factor de infiltración (Ver Tabla 8)

Factor de retención de la base, refleja el hecho de que las bases dado su tiempo de servicio disminuyen su permeabilidad. (Ver Tabla 9)

Tabla 8. Valores recomendados para Fi

Tipo de Carpeta	Fi
Carpetas asfálticas muy bien conservadas	0,30
Carpetas asfálticas normalmente conservadas	0,40
Carpetas asfálticas pobremente conservadas	0,50
Carpetas de concreto de cemento Portland	0,67

Fuente: Libro diseño y construcción de alcantarillado sanitario, pluvial y drenaje en carreteras de Rafael Carmona (2013)

Tabla 9. Valores recomendados para Fr

Tipo de Base	Fr
Bases bien gradadas, en servicio 5 años o mas	1/4
Bases bien gradadas, en servicio menos de 5 años	1/3
Bases de gradación abierta, en servicio 5 años o mas	1/3
Bases de gradación abierta, en servicio menos de 5 años	1/2

Fuente: Libro diseño y construcción de alcantarillado sanitario, pluvial y drenaje en carreteras de Rafael Carmona (2013)

4.2.1.2 Caudal por abatimiento del nivel freático

En sitios donde el nivel freático o el agua proveniente a presión alcancen una altura que supere la subrasante afectando a la estructura del pavimento, es necesario abatir este nivel de manera que no genere inconvenientes por excesos de agua. El cálculo de este caudal se expresa como (Ver en tabla 10).

Tabla 10. Valores de caudales por abatimiento del nivel freático

Caudal por abatimiento del nivel freático								
Tramo	L(m)	Nd	Nf	B	Aa	i	K	Qnf
1	67,446	1,2	0,7	7,2	77,01	0,07	2,30E-04	2,46E-03
2	86,578				29,99			9,58E-04
3	59,982				666,16			2,13E-02
4	161,715				211,06			6,74E-03
5	1170,614				85,05			2,72E-03
6	422,122							
7	170,099							

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía

Dónde:

Coefficiente de permeabilidad del suelo adyacente (Ver en tabla 11)

Gradiente hidráulico

Cota inferior del subdren

Cota superior del nivel freático

Área efectiva para el caso de abatimiento del nivel freático

Para subdrenajes longitudinales, B es la media sección de vía

Longitud del tramo de drenaje

Tabla 11. Coeficiente K permeabilidad de los suelos

Material	Permeabilidad al 80% proctor modificado k (cm/s)	Permeabilidad al 90% proctor modificado k (cm/s)
100% Limo - 0% Arena	9,36E-04	3,86E-05
90% Limo - 10% Arena		1,06E-04
80% Limo - 20% Arena	2,93E-03	2,30E-04
70% Limo - 30% Arena	3,83E-03	
60% Limo - 40% Arena	6,52E-03	1,29E-03
50% Limo - 50% Arena		1,50E-03
40% Limo - 60% Arena	2,38E-03	
100% Arena	1,54	1,54

Fuente: PAVCO (2005)

4.2.1.3 Caudal total del diseño

Una vez estimados los caudales de aporte del sistema, se obtiene el caudal del diseño, el cual no es más que una sumatoria entre los caudales ya calculados con anterioridad (Ver en tabla 12).

Tabla 12. Caudal total de diseño

Caudal de diseño			
Tramo	Qinf	Qnf	Qt
1	4,44E-03	2,46E-03	6,90E-03
2			
3	1,73E-03	9,58E-04	2,69E-03
4	3,84E-02	2,13E-02	5,97E-02
5			
6	1,22E-02	6,74E-03	1,89E-02
7	4,90E-03	2,72E-03	7,62E-03

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

4.3 Análisis de sistemas de subdrenaje que cumplen con los requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento del proyecto

Para garantizar que un proyecto sea duradero y factible se debe asegurar en su fase inicial, que todas las estimaciones de diseño realizadas sean las adecuadas para cumplir de manera satisfactoria con las necesidades presentes, debido a esto cada proyecto debe pasar por una fase de cálculo y estudio que ayuden a asegurar que las decisiones tomadas están siendo las correctas y que el proyecto a realizar será tanto rentable como duradero a largo plazo.

4.3.1 Dimensionamiento de la sección transversal

Teniendo en cuenta el caudal final, el cual es la suma de los caudales calculados, se procede a realizar el siguiente calculo (Ver en tabla 13).

El agregado utilizado para utilizar como material drenante es una grava con un tamaño uniforme de 19 mm (3/4”).

Tabla 13. Área transversal

Área Transversal						
Tramo	L(m)	Pendiente	V	i	Qt	A
1	67,446	0,20%	0,0011	1	6,90E-03	6,27
2	86,578	1,60%	0,006			1,15
3	59,982	0,00%	0,0003		2,69E-03	8,95
4	161,715	-2,00%	0,0075		5,97E-02	7,95
5	1170,614	-0,55%	0,0025			23,86
6	422,122	0,20%	0,0011		1,89E-02	17,18
7	170,099	-0,60%	0,0032		7,62E-03	2,38

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

Dónde:

Caudal total expresado en (Tabla 9)

Velocidad del flujo, la cual depende de la pendiente longitudinal y del tamaño del agregado usado (Ver en Figura 13).

Gradiente hidráulico que para el caso del subdrenaje se toma un valor =1

Área de la sección transversal, se fija el ancho y se despeja su altura.

Para conocer la sección transversal se fija el ancho, el cual corresponde al ancho de la pala de la retroexcavadora y se calcula la longitud que cumpla con el área encontrada. (Ver en tabla 14).

Tabla 14. Sección transversal

Tramo	A	ancho	L
1	6,27	2,25	2,79
2	1,15		0,51
3	8,95		3,98
4	7,95		3,53
5	23,86		10,60
6	17,18		7,64
7	2,38		1,06

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

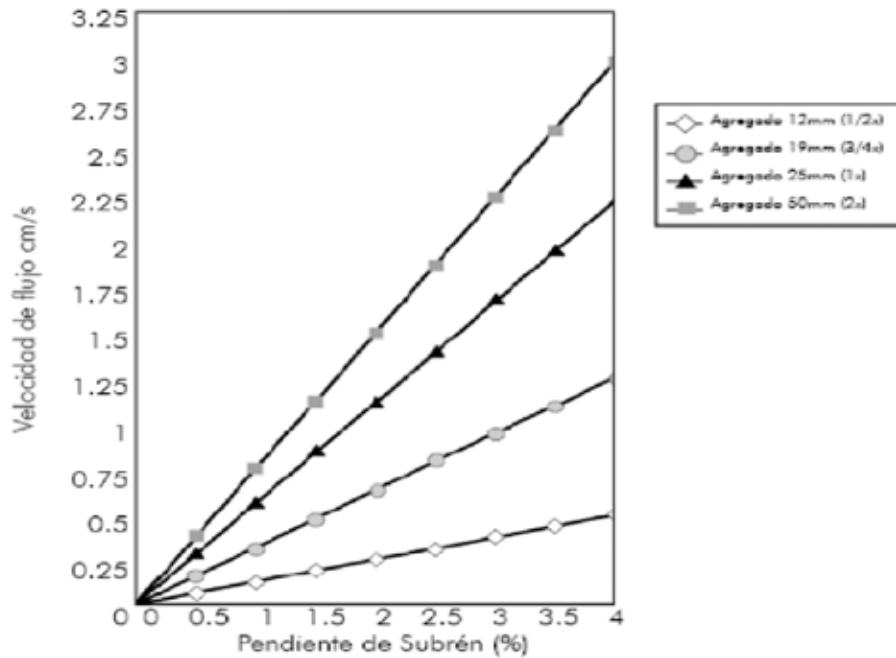


Figura 18. Pendiente vs Velocidad según el tamaño del agregado

Fuente: PAVCO (2012)

4.3.2 Estimación del diámetro de la tubería a utilizar

Para aumentar la capacidad y eficiencia de los subdrenajes es recomendable usar una tubería de drenaje, dentro del subdrén, esta permite el paso a un caudal mayor en una misma sección transversal. El diámetro de la tubería a utilizar se estima haciendo uso de la ecuación de Manning. Por tanteo se asume un diámetro de tubería y se rectifica si cumple. (Ver en tabla 15).

Dónde:

Caudal total calculado

Coefficiente de Manning, para tubería perforada usualmente es 0,012

— (Área del tubo)

Velocidad media del agua, en m/s.

No conviene perforar la parte superior del tubo, pues ello favorecería la entrada de partículas finas del material filtro, tampoco conviene colocar perforaciones en la parte más baja del tubo, pues se propiciaría la salida del agua captada, cuando su velocidad disminuya o cuando se tenga un gasto bajo. (Ver en Figura 14)

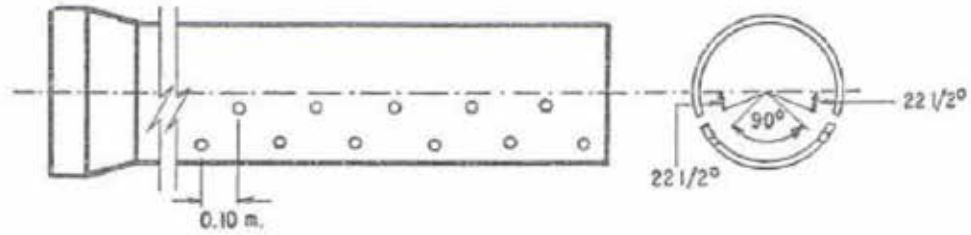


Figura 19. Esquema perforación de tuberías

Fuente: Rico Alfonso (2005)

Tabla 15. Diámetro de tubería del subdrenaje

Numero N de Manning	0,012
---------------------	-------

Diseño de tuberías.									
Tramo	Pendiente	Qt	V de diseño	Diámetro Menor	Vel. D. Menor	Q Capacidad	Diámetro Mayor	Vel. D. Mayor	Q Capacidad
1	0,20%	0,0069 m3/s	1,00 m/s	50 mm	3,50 m/s	0,0670 m3/s	100 mm	0,88 m/s	0,4256 m3/s
2	1,60%								
3	0,00%	0,0027 m3/s	1,00 m/s	50 mm	1,37 m/s	0,0000 m3/s	100 mm	0,34 m/s	0,0000 m3/s
4	-2,00%	0,0594 m3/s	1,00 m/s	250 mm	1,21 m/s	15,4952 m3/s	300 mm	0,84 m/s	25,1970 m3/s
5	-0,55%								
6	0,20%	0,0188 m3/s	1,00 m/s	150 mm	1,07 m/s	1,2549 m3/s	200 mm	0,60 m/s	2,7025 m3/s
7	-0,60%	0,0079 m3/s	1,00 m/s	100 mm	1,00 m/s	0,7372 m3/s	150 mm	0,45 m/s	2,1735 m3/s

Diseño de Q capacidad = edoc.site_drenaje-y-subdrenaje-en-carreteras.pdf pág.(81 de 144)

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

4.3.3 Cálculo hidráulico para la escogencia del geotextil

Se deben tomar en cuenta diferentes factores hidráulicos para la escogencia del geotextil a utilizar, debido a que este depende de la cantidad y tipo de flujo que va a pasar por el mismo, debido a esto se deben evaluar los siguientes factores que darán como resultado en geotextil a utilizar:

Permitividad última

Permitividad requerida

Permitividad admisible

4.3.3.1 Permitividad última

La permitividad última es un dato otorgado por el fabricante pero que también puede ser calculado para corroboración, de la siguiente manera. (Ver en tabla 16).

Tabla 16. Permitividad última del geotextil

Permitividad Última		
K	t	
2,00E-02	0,2	1,00E-01

Fuente: Hernández Orlandy, Macero Thalía (2019).

Dónde:

Permitividad ultima

Permeabilidad del geocompuesto

Espesor del geotextil

4.3.3.2 Permitividad requerida

Cuando se usan geotextiles como medios filtrantes para grandes caudales, se debe revisar la cantidad de flujo volumétrico que puede pasar por unidad de área (tasa de flujo), en el plano normal al geotextil, frente a la cantidad de flujo volumétrico a evacuar por metro línea, se debe evaluar la permitividad requerida en función del caudal total que se requiere pasar por el filtro. (Ver en tabla 17).

Tabla 17. Permittividad requerida del geotextil

Permittividad Requerida				
Qt	L(m)	H		
6,90E-03	67,446	1,2	1,2	7,10E-05
	86,578			5,53E-05
2,69E-03	59,982			3,11E-05
5,97E-02	161,715			2,56E-04
	1170,614			3,54E-05
1,89E-02	422,122			3,11E-05
7,62E-03	170,099			3,11E-05

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

Dónde:

Permittividad requerida

Caudal total por tramo

Cabeza hidráulica, que es igual a la altura del subdrenaje

H: Altura del subdren

L: Longitud del tramo de drenaje en consideración

4.3.3.3 Permittividad admisible

Para el cálculo de la permittividad admisible, es necesario tomar en cuenta la permittividad última, que es aportada por el fabricante y los factores de reducción que se disponen según el tipo de proyecto. (Ver en tabla 18).

Tabla 18. Factores de reducción para geotextiles en aplicaciones de drenajes

Área	Colmatación	Reducción de vacíos por Creep	Intrusión en los vacíos	Colmatación Química	Colmatación Biológica
	FR _{ca}	FR _{ca}	FR _{iv}	FR _{cc}	FR _{bc}
Filtros en el espaldón de muros de contención	2.0 a 4.0	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	1.0 a 1.3
Sistema de subdrenaje	2.0 a 10.0	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 4.0
Filtros de control de erosión	2.0 a 10.0	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	2.0 a 4.0
Filtros en rellenos sanitarios	2.0 a 10.0	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 5.0
Drenaje por gravedad	2.0 a 4.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	1.2 a 1.5
Drenaje por presión	2.0 a 3.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3	1.1 a 1.3

Fuente: Manual geosintéticos PAVCO

Luego de obtenidos los valores de la tabla para cada factor de reducción, se procede al cálculo de la permitividad admisible descrito a continuación. (Ver en tabla 19).

Tabla 19. Permitividad admisible del geotextil

Permitividad Admisible	
	1,00E-01
	2
	1,25
	1,1
	1,25
	2
	1,45E-02

Fuente: Descripción otorgada por el fabricante

Dónde:

Permitividad admisible

Factor de reducción por colmatación y taponamiento

Factor de reducción por creep o fluencia

Factor de reducción por intrusión

Factor de reducción por colmatación química

Factor de reducción por colmatación biológica

4.3.3.4 Factor de seguridad global

Finalmente se compara la permitividad admisible con la requerida para determinar el factor de seguridad global. (Ver en tabla 20).

Tabla 20. Factor de seguridad global del geotextil

Factor de Seguridad Global		
1,45E-02	7,62E-05	190,99
	5,25E-05	276,84
	3,11E-05	467,82
	2,37E-04	61,39
	3,58E-05	406,43
	3,11E-05	467,82
	3,11E-05	467,82

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

Dónde:

Factor de seguridad global

Permitividad admisible

Permitividad requerida

Todos los factores globales de cada tramo, cumplen con la condición, por lo tanto, el geotextil NT 4000 es adecuado como medio filtrante en el sistema.

4.3.4 Evaluación del geotextil a usar en el filtro

El filtro evita una excesiva migración de partículas de suelo y simultáneamente permite el paso del agua, lo anterior implica que el geotextil debe tener una abertura aparente máxima adecuada para retener el suelo, cumpliendo

simultáneamente con un valor mínimo admisible de permeabilidad, que permita el paso del flujo de una manera eficiente. Para llegar a la selección del geotextil no solo hay que tener en cuenta lo anterior, sino, además la resistencia a la colmatación, supervivencia y durabilidad. (Ver figura 15).

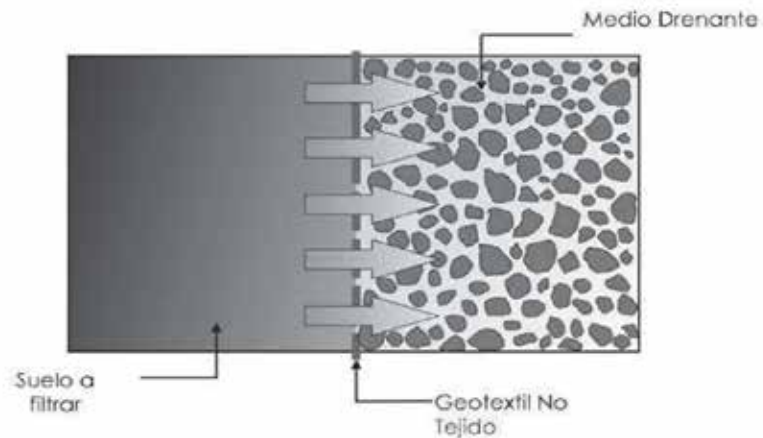


Figura 20. Esquema geotextil y suelo a filtrar

Fuente: PAVCO (2012)

La metodología de diseño, consiste en revisar, cuál de los geotextiles, satisface las características hidráulicas y mecánicas que resulten de la revisión de los criterios de diseño que se presentan a continuación:

- Criterio de retención
- Criterio de permeabilidad
- Criterio de colmatación
- Criterio de supervivencia
- Criterio de durabilidad

4.3.4.1 Criterio de retención

Este criterio asegura que las aberturas sean lo suficientemente pequeñas para evitar la migración del suelo hacia el medio drenante o hacia donde se dirige el flujo. De acuerdo con lo establecido en "Geotextiles Engineering Manual" de la Federal Highway Administration (FHWA) y basados en los criterios de retención de

Christopher y Holtz (1989), Carroll (1983), un geotextil debe cumplir con la siguiente condición. (Ver en tabla 21).

Tabla 21. Criterio de retención

TAA			B
NT 4000	<	0,074	1,8
0,106	<	0,1332	OK

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

Dónde:

Tamaño de abertura aparente, dato suministrado por el fabricante.

Tamaño de partículas que corresponde al 85% del suelo que pasa al ser tamizado.

Coficiente que depende del tipo de geotextil.

4.3.4.2 Criterio de permeabilidad

Se debe permitir un adecuado flujo del agua a través del geotextil considerando su habilidad para esto. Para la estimación del criterio de permeabilidad existen dos condiciones, siendo la primera una condición de flujo estable y la segunda es condiciones de flujo crítico, como se busca un correcto desempeño del diseño a largo plazo reduciendo riesgos la estimación se hará por condiciones de flujo crítico. (Ver en tabla 22).

Tabla 22. Criterio de permeabilidad

2,00E-02	>	2,30E-03	OK

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

Dónde:

Permeabilidad del geotextil

Permeabilidad del suelo.

4.3.4.3 Criterio de colmatación

La colmatación resulta cuando partículas finas de suelo penetran dentro del geotextil, bloqueando sus canales de poros o cuando son depositadas del lado aguas arriba del geotextil, produciendo una reducción significativa de la permeabilidad. Por lo tanto, el geotextil debe tener un porcentaje mínimo de espacios vacíos.

Los geotextiles con una mayor resistencia a la colmatación, son los geotextiles No Tejidos punzonados por agujas, en los cuales el riesgo a que se taponen gran parte de sus orificios es muy bajo debido al espesor que poseen y a los altos valores de porosidad que presentan. Los geotextiles No Tejidos unidos por temperatura o calandrados, son mucho más delgados y rígidos.

De acuerdo con el criterio de Chistopher y Holtz, 1985; R. Koemer, 1990, los geotextiles usados como medios filtrantes deben tener una porosidad: $> 50\%$, razón por la cual no se deben usar geotextiles tejidos en sistemas de subdrenaje.

Debido a que el geotextil a utilizar para el diseño del proyecto es un geotextil no tejido la porosidad de los geotextiles no tejidos punzonados por agujas son superiores al 80%, por lo tanto, este tipo de geotextiles cumplen con este criterio.

4.3.4.4 Criterio de supervivencia

El geotextil debe tener unos valores mínimos de resistencia mecánica con el objeto que soporte las actividades de instalación y manipulación. Estas propiedades son: resistencia a la tensión, resistencia al punzonamiento, resistencia al estallido, resistencia al rasgado. Se presentan las propiedades mínimas que se deben cumplir (Ver en tabla 23).

Tabla 23. Especificaciones generales de construcción de carreteras

Propiedad	Resistencia a la tensión (Grab)	Resistencia a la costura	Resistencia a la penetración con pistón 50mm de diámetro	Resistencia al rasgado trapezoidal
Norma de ensayo	INVE - 901	INVE - 901	INVE - 913	INVE - 903
Valor mínimo promedio por rollo	700 N	630 N	1375 N	250 N

Fuente: Artículo 673-07 INVIAS – AASHTO M288-05

Se realizó la evaluación del geotextil escogido para el diseño del proyecto el cual es un geotextil de tipo NT 4000, de manera de confirmar que este cumpla con el criterio de supervivencia, los resultados son datos obtenidos del fabricante. (Ver en tabla 24).

Tabla 24. Especificaciones geotextil NT 4000

Resistencia a la tensión	Resistencia a la costura	Resistencia a la penetración con pistón	Resistencia al rasgado trapezoidal
980 N	650N	2484	350

Fuente: Catalogo productos PAVCO

4.3.4.5 Criterio de durabilidad

Este criterio se basa en la resistencia que debe tener un geotextil en el tiempo, bien sea por ataque químico, biológico o por intemperismo. Los geotextiles por ser un material fabricado en polipropileno no son biodegradables y son altamente resistentes al ataque químico como en aplicaciones de manejo de lixiviados.

Para el caso de estudio del diseño que se requiere realizar debido a que el geotextil es no tejido, cumple con el criterio de durabilidad, ya que este es el recomendado a utilizar en este tipo de obras o proyectos debido a su alta resistencia a la degradación por rayos UV.

4.4 Elaboración del diseño del sistema del subdrenaje

Se detallan todos los resultados necesarios correspondientes a cada uno de los tramos establecidos y se detallan los planos con el subdrenaje vial propuesto para la vialidad Av. Paseo Valencia, tramo Kayson- Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia. Estado Carabobo. (Ver en Tablas 25 a 31)

Detalles de diseño del subdrenaje (Ver en Figura 16 a 18)

Tabla 25. Subdrenaje tramo 1

TRAMO 1			
Ancho de la sección	B	0,6	m
Profundidad del subdren	H	1,2	m
Características del geotextil			
Tamaño de la abertura	0,106		mm
Permeabilidad del geotextil	2,00E-02		cm/seg
Tipo de Geotextil	No Tejido		
Material Filtro	Grava	19mm (3/4")	
Diámetro de la tubería	ø: 100mm		
Abscisas			
Inicio	Fin	Longitud (m)	
0+000	0+067,446	67,446	
Cotas			
Inicio	Fin		
430,3	430,6		
Descarga final del sistema			
Progresiva	Diámetro	Boca de visita	
0+450	6"	BV-1	

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

Tabla 26. Subdrenaje tramo 2

TRAMO 2			
Ancho de la sección	B	0,6	m
Profundidad del subdren	H	1,2	m
Características del geotextil			
Tamaño de la abertura	0,106		mm
Permeabilidad del geotextil	2,00E-02		cm/seg
Tipo de Geotextil	No Tejido		
Material Filtro	Grava	19mm (3/4")	
Diámetro de la tubería	ø: 100mm		
Abscisas			
Inicio	Fin	Longitud	
0+067,446	0+154,024	86,578	
Cotas			
Inicio	Fin		
430,6	431,5		
Descarga final del sistema			
Progresiva	Diámetro	Boca de visita	
0+450	6"	BV-2	

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

Tabla 27. Subdrenaje tramo 3

TRAMO 3			
Ancho de la sección	B	0,6	m
Profundidad del subdren	H	1,2	m
Características del geotextil			
Tamaño de la abertura	0,106		mm
Permeabilidad del geotextil	2,00E-02		cm/seg
Tipo de Geotextil	No Tejido		
Material Filtro	Grava	19mm (3/4")	
Diámetro de la tubería	ø: 100mm		
Abscisas			
Inicio	Fin	Longitud (m)	
0+154,024	0+214,006	59,982	
Cotas			
Inicio	Fin		
431,5	431,3		
Descarga final del sistema			
Progresiva	Diámetro	Boca de visita	
0+450	6"	BV-1	

Fuente: Hernández Orlandy, Macero Thalía (2019).

Tabla 28. Subdrenaje tramo 4

TRAMO 4			
Ancho de la sección	B	0,6	m
Profundidad del subdren	H	1,2	m
Características del geotextil			
Tamaño de la abertura	0,106		mm
Permeabilidad del geotextil	2,00E-02		cm/seg
Tipo de Geotextil	No Tejido		
Material Filtro	Grava	19mm (3/4")	
Diámetro de la tubería	ø: 250mm		
Abscisas			
Inicio	Fin	Longitud (m)	
0+214,006	0+375,721	161,715	
Cotas			
Inicio	Fin		
431,3	428,2		
Descarga final del sistema			
Progresiva	Diámetro	Boca de visita	
0+450	6"	BV-1	

Fuente: Hernández Orlandy, Macero Thalía (2019).

Tabla 29. Subdrenaje tramo 5

TRAMO 5			
Ancho de la sección	B	0,6	m
Profundidad del subdren	H	1,2	m
Características del geotextil			
Tamaño de la abertura	0,106		mm
Permeabilidad del geotextil	2,00E-02		cm/seg
Tipo de Geotextil	No Tejido		
Material Filtro	Grava	19mm (3/4")	
Diámetro de la tubería	ø:250 mm		
Abscisas			
Inicio	Fin	Longitud (m)	
0+375,721	1+546,335	1170,614	
Cotas			
Inicio	Fin		
428,2	422		
Descarga final del sistema			
Progresiva	Diámetro	Boca de visita	
0+450	6"	BV-1	
0+850	6"	BV-3	
1+000	6"	BV-4	
1+550	6"	BV-8	

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

Tabla 30. Subdrenaje tramo 6

TRAMO 6			
Ancho de la sección	B	0,6	m
Profundidad del subdren	H	1,2	m
Características del geotextil			
Tamaño de la abertura	0,106		mm
Permeabilidad del geotextil	2,00E-02		cm/seg
Tipo de Geotextil	No Tejido		
Material Filtro	Grava	19mm (3/4")	
Diámetro de la tubería	ø: 150mm		
Abscisas			
Inicio	Fin	Longitud (m)	
1+546,335	a 1+968,457	422,122	
Cotas			
Inicio	Fin		
422	422,8		
Descarga final del sistema			
Progresiva	Diámetro	Boca de visita	
1+550	6"	BV-8	
1+750	6"	BV-12	
2+150	6"	BV-18	

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

Tabla 31. Subdrenaje tramo 7

TRAMO 7			
Ancho de la sección	B	0,6	m
Profundidad del subdren	H	1,2	m
Características del geotextil			
Tamaño de la abertura	0,106		mm
Permeabilidad del geotextil	2,00E-02		cm/seg
Tipo de Geotextil	No Tejido		
Material Filtro	Grava	19mm (3/4")	
Diámetro de la tubería	ø: 100mm		
Abscisas			
Inicio	Fin	Longitud (m)	
1+968,457	2+138,556	170,099	
Cotas			
Inicio	Fin		
422,8	422,1		
Descarga final del sistema			
Progresiva	Diámetro	Boca de visita	
2+150	6"	BV-18	

Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía (2019).

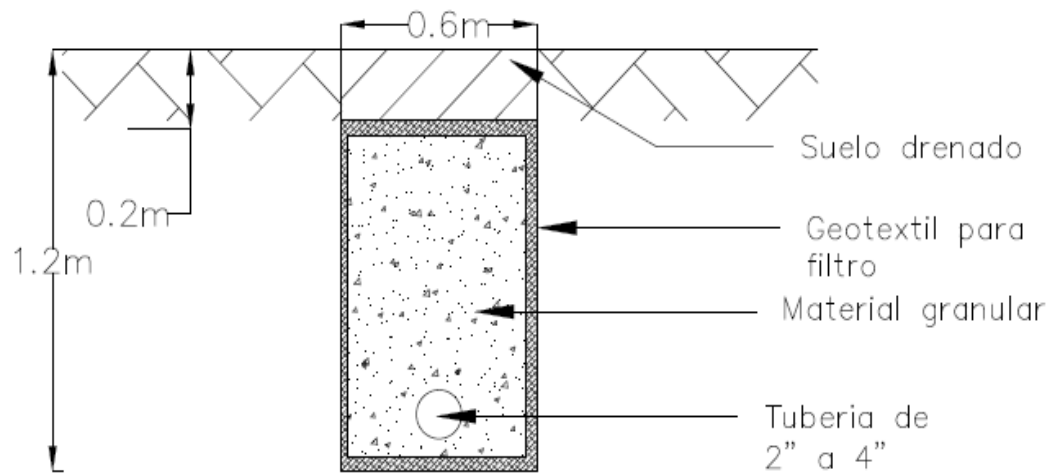


Figura 21. Esquema dimensiones subdrenaje
 Fuente: Hernández Orlandyz, Macero Thalía

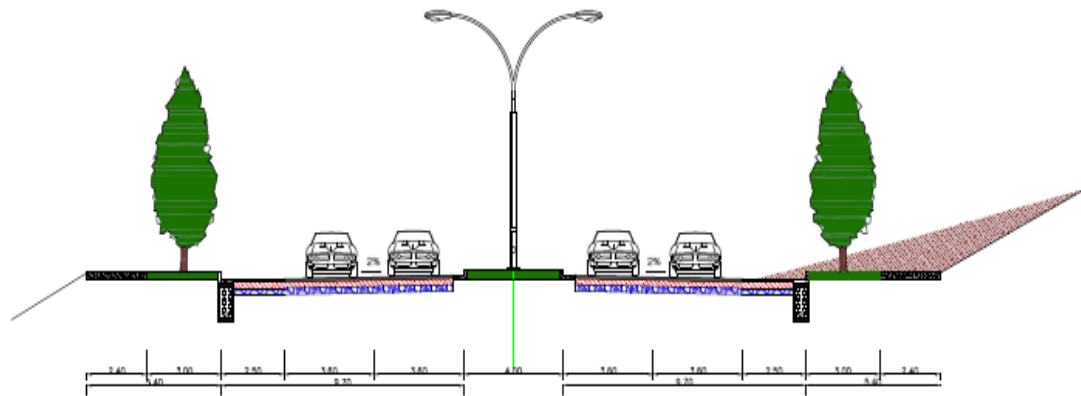


Figura 22. Vista de sección transversal con subdrenaje
 Fuente: Hernández Orlandyz, Macero Thalía

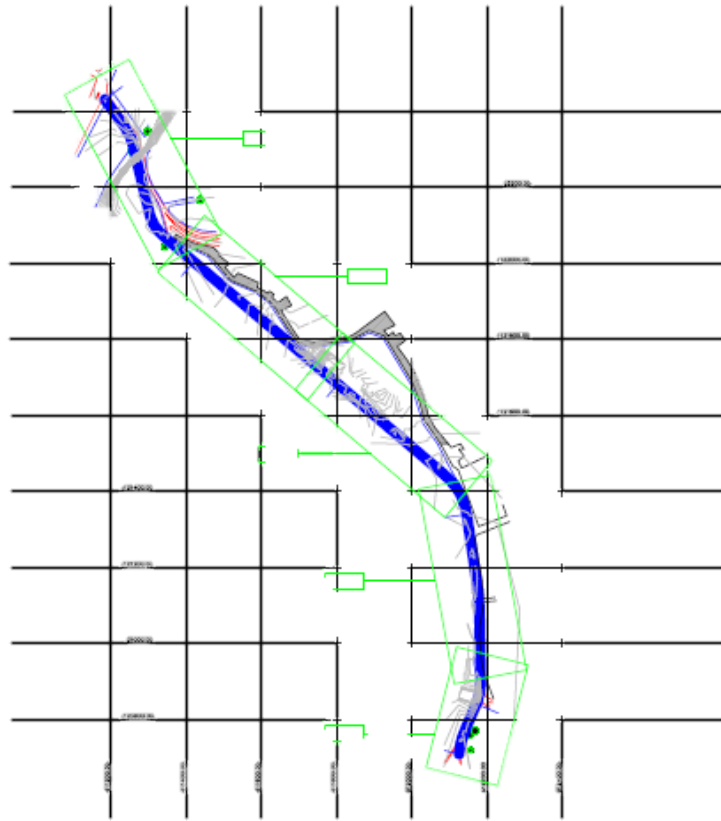
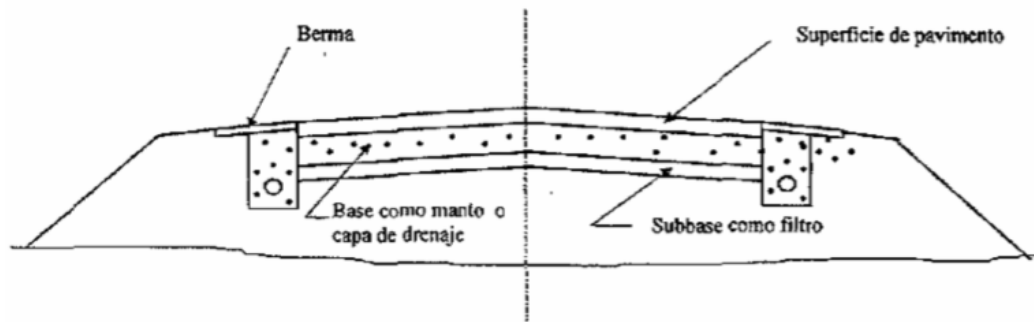


Figura 23 Vista de plano longitudinal
 Fuente: Hernández Orlendyz, Macero Thalía



(a) Dren longitudinal con tubería colectora

Figura 24. Esquema subdrenaje vial
 Fuente: Chuyes Carlos (2005)

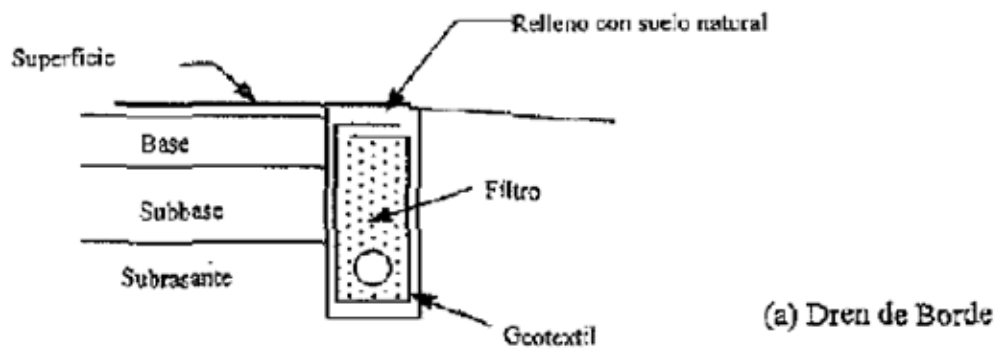


Figura 25. Esquema sección de subdrenaje

Fuente: Chuyes Carlos (2005)

CONCLUSIONES

La decisión de tomar este proyecto de implementación de un sistema de subdrenaje es la de pretender eliminar el componente subsuperficial del agua, o bien abatir su nivel hasta donde sea perjudicial a la carretera, ya que el principal enemigo de la carretera es el agua, esta que está situada bajo la superficie de la tierra se presenta en corrientes o estancadas, en consecuencia tanto las aguas superficiales como las subsuperficial tienden a causar grandes y notables daños a la estructura asfáltica y esto dificulta también la facilidad del tránsito en la vía, tanto peatonal como vehicular. Por lo mismo, ya luego de que se detecta su presencia, es inevitable buscar la manera de proponer un sistema adecuado para su evacuación, es por esto que cuando se diseña un plan para una vía de comunicación debe venir en conjunto el diseño para el sistema de drenaje tanto superficial como subsuperficial, para que de esta manera tener seguridad de que habrá un procedimiento encargado de concentrar, captar y disponer de manera rápida y eficiente el recorrido de agua naturales mediante cunetas, canales o redes de tuberías.

La vialidad Av. Paseo Valencia, tramo Kayson- Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia. Edo. Carabobo posee un sistema de drenaje pero se necesita el apoyo de un sistema de recolección de aguas subsuperficiales y por eso se hizo la realización del mismo, tomando en cuenta dichos puntos:

El cálculo para el diseño se inició tomando principalmente los datos de la topografía del terreno, los estudios hidrológicos tomando en cuenta todos los criterios descritos anteriormente procediendo a conocer el sentido de flujo en conjunto con el coeficiente de escorrentía y el periodo de retorno para la zona estudiada y continuar con la realización de las curvas IDF, obteniendo con esta la intensidad de lluvia soportada por la vialidad en condición óptima.

Luego se procedió a estimar los valores críticos de los caudales para alcanzar un buen sistema de drenaje de las aguas por infiltración y abatimiento del nivel freático para obtener así un caudal total del diseño. También se puede señalar que para realizar el diseño se calculó el dimensionamiento de la sección transversal de la

vialidad y luego ya con todos los datos obtenidos se pudo evaluar el tipo de material geotextil a utilizar en el filtro del proyecto.

Se puede concluir con que la situación que presenta la vialidad en estudio es de condiciones inestables, buscando con altas expectativas con el trabajo de grado presente su mejoramiento de gran forma como motivo principal, para poder ofrecer una vía que cumpla con un sistema óptimo que cumpla totalmente con las necesidades que garantice de esta forma el bienestar, la seguridad y la comodidad de la misma, evitando cualquier problema a los usuarios y población cercana a la obra.

RECOMENDACIONES

Ejecutar la propuesta de diseño, tomando en cuenta la construcción y conservación del proyecto en la que se basa este trabajo de investigación, ya que lo que se busca es el mejoramiento del paso peatonal y vehicular por dicha vialidad y también mejorando el riesgo de daños que pueden ser causados por aguas mal drenadas, evitar los accidentes y el tráfico vehicular, manteniendo una condición óptima de la vía más que todo en momentos de época de lluvias.

Se recomienda un buen mantenimiento todo el tiempo, ya que esto asegura el normal funcionamiento y eficiente del proyecto y así también de esta manera que su vida útil sea prolongada, se refiere a reparar las fallas que vaya mostrando de alguna manera la obra más que todo en momentos de mucha intensidad de lluvia, para observar el funcionamiento de la misma en su punto máximo.

Proponer un canal que sea por el cual se vaya a descargar las aguas recolectadas por el sistema de drenaje y subdrenaje, a cuerpos de aguas cercanos, planta de tratamientos o el destino mejor visto para ellas como destino final donde convergen estas aguas pluviales.

Verificar por medio de estudios económicos donde se pueda garantizar el nivel de factibilidad que ofrece el proyecto realizado, complementándolo con la realización de los cálculos métricos adecuados a partir de los cálculos con las cantidades y dimensiones necesarias para dicha ejecución, para así sumarlos con los otros componentes del presupuesto total del proyecto de tal vialidad estudiada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, Cesar (2008). **Análisis comparativo entre sistemas de drenajes con geosintéticos versus sistemas de drenajes naturales para muros de contención**. Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile.
- Arias, F. (2006). **El Proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. Quinta edición. Editorial Episteme, Caracas.
- Arocha, Simón (1983). **Cloacas y drenajes**. Caracas. Editorial Ediciones Vega. Caracas. Venezuela
- Bengaray, Manuel (2001). **Drenajes viales para ingenieros viales**. Universidad central de Venezuela. Publicaciones del departamento de ingeniería vial. Caracas. Venezuela.
- Calle, Henry (2013). **Estudio de drenaje superficial y subdrenaje para la estabilización del macrodeslizamiento de puenteloma de la vía Lentag-Rio San Francisco de 50km de longitud ubicada en la provincia del Azuay**. Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad de Cuenca. Ecuador.
- Chávez, Nilda (2007) **Introducción a la investigación educativa**. Editorial Colección general. Maracaibo. Venezuela.
- Falcón y Herrera (2005) **Análisis del ato estadístico** (Guía didáctica), Universidad Bolivariana de Venezuela. Caracas. Venezuela.
- Marín, Elizabeth y Pérez, Ivette (2014). **Drenaje y subdrenaje en carreteras**. Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil. Instituto Politécnico Nacional. Escuela superior de ingeniería y arquitectura unidad Zacatenco. México D.F.
- Méndez, Carlos (2007). **Metodología de la investigación**. Cuarta edición.

- Monroy, Francisco (2010). **Diseño de sistemas de subdrenaje con elementos filtrantes en obras viales.** Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Orozco Mónica (2007). **Sistemas de subdrenaje en obras de estabilización.** Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil. Escuela colombiana de ingeniera Julio Garavito. Bogotá. Colombia
- PAVCO (2012). **Manual de diseño con geosintéticos.** Novena edición.
- Pulecio Díaz, J.A. (2005). **El proceso de investigación** Editorial. Panapo, Caracas.
- Tamayo, M y Tamayo, M. (1997). **El proceso de la investigación científica.** Editorial Limusa, México