UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727 – 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

REVISIÓN DEL PROYECTO DE DRENAJE DEL TRAMO CARRETERO CAURIO DE GUADALUPE – PURÉPERO DEL KM. 4+000 AL 5+500.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Jairo Artemio Sánchez Franco

Asesora: I.C. Sandra Natalia Parra Macías.

Uruapan, Michoacán, Mayo del 2010.

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por ayudarme a salir adelante en el difícil camino de la vida, por el gran sacrificio que hicieron al desprenderse de un hijo de su lado, para darle una educación y un mejor futuro.

A Estela Sánchez, por brindarme su cariño, confianza y dedicar parte de su vida para cuidarme, guiarme y aconsejarme, así como por el apoyo incondicional que siempre me ofreciste.

A mis hermanas, por compartirme lo mejor de cada una, por su apoyo y ayuda en momentos especiales gracias.

A mis abuelitos y tíos, que siempre me apoyaron y me externaron sus experiencias y consejos cuando más los necesite.

A mis amigos, quienes gracias a dios son muchos y sería injusto poner nombres, gracias por el tiempo, vivencias compartidas e infinidad de momentos de alegría.

A mis maestros y asesores, por brindarme sus conocimientos y valioso tiempo para mi formación académica.

A dios…

ÍNDICE

Introducción.

Antecedentes. 1

Planteamiento del problema. 2

Objetivo. 3

Pregunta de investigación.. 3

Justificación. 4

Delimitación. 5

Marco de referencia. 6

Capítulo 1.- Vías terrestres.

1.1. Antecedentes de los caminos. 7

1.1.2. Antecedentes de los caminos en México. 8

1.2. Inventario de caminos. 8

1.2.1. Método Odógrafo-Giróscopo-Barométrico. 9

1.2.2. Aplicación del inventario de caminos. 9

1.3. Elementos usados de la ingeniería de tránsito para el proyecto. . 10

1.3.1. Problema del tránsito. 10

1.3.2. Soluciones al problema del tránsito. 11

1.3.3. El usuario. 12

1.3.4. El vehículo. 14

1.3.5. El camino. 16

1.4. Velocidad. 17

1.5. Volumen de tránsito. 20

1.5.1. Estudios de origen y destino. 22

1.5.2. Previsión del tránsito. 23

1.6. Densidad de tránsito. 23

1.7 Derecho de vía. 24

1.8. Capacidad y nivel de servicio. 25

1.9. Distancia de visibilidad. 27

1.9.1. Distancia de visibilidad de rebase. 27

1.10. Mecánica de suelos. 29

Capítulo 2.- Drenaje.

2.1. Objetivo.. 32

2.2. Factores hidrológicos. 32

2.2.1. Ciclo hidrológico. 33

2.2.2. Precipitación.. 34

2.2.3. Escurrimiento. 35

2.2.4. Infiltración. 36

2.2.5. Aguas subterráneas. 37

2.3. Cuenca hidrológica. 37

2.3.1. Pendiente de la cuenca. 38

2.3.2. Criterio de Alvord. 38

2.3.3. Criterio de Horton. 39

2.3.4. Orden de corrientes. 40

2.4. Avenida de diseño. 42

2.5. Drenaje en los caminos. 43

2.6. Tipos de drenaje. 44

2.6.1. Drenaje superficial. 44

2.6.1.1. Cunetas. 44

2.6.1.2. Contra-cunetas. 46

2.6.1.3. Bombeo del camino. 47

2.6.1.4. Lavaderos. 47

2.6.1.5. Alcantarillas. 47

2.6.1.6. Área hidráulica delas alcantarillas. 48

2.6.1.7. Pendiente de la alcantarilla. 51

2.6.1.8. Tipos de alcantarillas. 51

2.6.1.9. Longitud de la alcantarillas. 52

2.6.1.10. Vados. 52

2.6.1.11. Puente vado. 52

2.6.2. Drenaje subterráneo. 53

2.6.2.1. Zanjas. 53

2.6.2.1. Drenes ciegos. 53

2.6.2.1. Drenes de tubo. 54

2.6.2. Puentes. 55

2.6.2.1. Estudios previos. 55

2.6.2.2. Elementos que constituyen un puente.. 57

Capítulo 3.- Resumen ejecutivo de macro y micro localización.

3.1. Generalidades.. 58

3.2 Resumen ejecutivo. 58

3.3 Entorno geográfico. 59

3.4. Informe fotográfico. 63

3. 4 Estudios de tránsito. 68

Capítulo 4.- Metodología.

4.1. Método empleado. 70

4.1.1. Método matemático. 71

4.2. Enfoque de la investigación. 72

4.2.1. Alcance. 72

4.3. Diseño de la investigación. 73

4.3.1. Investigación transeccional o transversal. 73

4.4. Instrumentos de recopilación de datos. 74

4.5. Descripción del procedimiento de investigación. 75

Capítulo 5.- Análisis e interpretación de resultados.

5.1. Diseño de cunetas. 76

5.2. Diseño de alcantarillas. 78

5.3. Bombeo del camino. 87

5.4. Análisis de resultados. 87

Conclusión. 88

Bibliografía. 90

Anexos.

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis titulado REVISIÓN DEL PROYECTO DE DRENAJE DEL TRAMO CARRETERO CAURIO DE GUADALUPE – PURÉPERO DEL KM. 4+000 AL 5+500., tuvo como objetivo el revisar el sistema de drenaje mediante cálculos para optimizar la eficiencia del sistema de drenaje y consecuentemente la funcionalidad de la vía de comunicación; desarrollando para este trabajo de investigación en el capítulo 1, lo relativo a las Vías terrestres, viendo en este los principales aspectos que se deben tomar en cuenta para una vía carretera; mientras que, en el capítulo 2 se abordó todo lo referente a la teoría de drenaje para carreteras.

Por otro lado lo referente a la ubicación geográfica y topográfica del tramo en estudio, se abordó en el capítulo 3 con el título de Resumen ejecutivo de Macro y Micro localización.

Lo referente a la metodología usada en la elaboración de este trabajo, está contenido en el capítulo 4, en dicha investigación fue utilizado el método matemático cuantitativo auxiliado en el método analítico, ya que es una investigación no experimental. Con la información contenida en los capítulos anteriores, se realizaron los cálculos necesarios para la elaboración de las obras de drenaje para una vía de comunicación que cumpla con los parámetros de seguridad y eficiencia.

Por consiguiente, se entiende que esta investigación beneficiará a la comunidad estudiantil de Ingeniería Civil, así como a la población en general que haga uso de ella, es importante mencionar, que en la presente investigación se tiene como objetivo primario la revisión de las obras de drenaje existentes en el tramo carretero para conocer su nivel de servicio actual.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

A través del tiempo con la invención de la rueda, y con ello los primeros vehículos, surgió la necesidad de contar con caminos para trasladarse de un lugar a otro, estos fueron evolucionando desde brechas, hasta las hoy conocidas autopistas.

Al construir los primeros caminos, se observó que con el paso del tiempo y principalmente a causa de las lluvias, que estos se deterioraban rápidamente y fue entonces que surgió la idea de un sistema de drenaje que desalojara el agua lo más rápidamente posible de la carretera y con esto proporcionar una mayor seguridad a los usuarios y una vida útil mayor para la estructura de la carretera.

Ya se han realizado algunos estudios sobre el tema en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco A.C. como la tesis titulada Diseño del drenaje en la intersección del libramiento de Guacamayas de Christian César González Mejía, 2008, u otra como la Revisión de drenaje del tramo carretero denominado La Curva del diablo de la carretera Uruapan-Carapan de Jorge Valencia Aburto, 2008, además del Diseño del sistema de drenaje del tramo carretero el Papayo-Meza de Cázares-La Ciénega, de Apolo Godínez Arredondo, 2008.

Los estudios anteriormente mencionados abordan los aspectos más importantes de los sistemas de drenaje en carreteras, existen otros estudios en la Universidad sobre drenaje pluvial, pero estos abordan diseños urbanos y no carreteros.

Planteamiento del problema.

Un buen diseño del drenaje en una vía terrestre, es de suma importancia puesto que esto repercutirá en el correcto funcionamiento de la misma, manteniendo el agua fuera de su estructura, y con ello se logra alargar su vida útil.

Además, con el correcto desalojo del agua en la carretera se logra reducir un gran número de accidentes, provocados por falta de adherencia del vehículo con la carretera, y no menos importante es el beneficio económico que se tiene al reducir gastos por reparación y mantenimientos en la estructura.

Es por esto que es de suma importancia un correcto diseño del drenaje, por lo que con este estudio se pretende determinar si el diseño de drenaje existente es el más idóneo para el tramo carretero Caurio de Guadalupe – Purépero.

Por lo que un mal diseño del drenaje, perjudicaría principalmente a la estructura de la carretera, además de los usuarios que por ella transiten causando malestares y pérdidas económicas.

Objetivo.

A continuación se presentan los objetivos a cumplir con esta investigación.

Objetivo general:

Determinar si el sistema de drenaje existente en el tramo carretero Caurio de Guadalupe – Purépero del km. 4+000 al 5+500, es el idóneo.

Objetivos específicos:

1. Definir qué es un sistema de drenaje.
2. Definir cuál es el diseño de drenaje idóneo.
3. Establecer las consideraciones para el correcto cálculo de un drenaje.

Pregunta de investigación.

Con este estudio se dará respuesta a las siguientes cuestiones, las cuales servirán como guía para una correcta revisión del sistema de drenaje.

¿Qué es un sistema de drenaje?

¿Cuál es la función de un sistema de drenaje en carreteras?

¿Cuáles son los pasos a seguir para un correcto sistema de drenaje?

¿Qué importancia tiene un correcto sistema de drenaje?

Las cuestiones anteriormente mencionadas se aclararán conforme transcurra la investigación.

Justificación.

El sistema de drenaje en una vía terrestre es de gran importancia puesto que brinda seguridad para los usuarios que por ella transitan, así como extiende la vida útil de la carretera y esto conlleva un ahorro económico causado por reparaciones y mantenimientos en la misma.

Esta investigación también beneficiará a la población en general que haga uso de ella, así como a toda la comunidad estudiantil, ya que contarán con investigaciones de apoyo para estudios futuros.

Este estudio tiene como principal objetivo disipar todas las dudas de los usuarios que a ella recurran, así como las dudas del investigador, que llevaron a la ejecución de dicho estudio.

Es por esto que es de suma importancia la realización de esta investigación puesto que serán muchos los beneficiados con el estudio en cuestión.

Delimitación.

La revisión de un sistema de drenaje es el mismo en sus principios y generalidades, pero es único para el estudio de una zona en específico. Puesto que cada sitio presenta características diferentes, como son la topografía, hidrología, geología, etc.

Es por esto que dicha investigación sólo comprende la revisión del diseño de drenaje del tramo carretero Caurio de Guadalupe – Purépero del km. 4+000 al 5+500.

Esta investigación se podrá utilizar como material de apoyo para futuras investigaciones, pero sólo es aplicable para el tramo corretero anteriormente mencionado.

Marco de referencia.

El tramo carretero motivo de esta investigación, se ubica entre las poblaciones de Caurio de Guadalupe – Purépero. Las personas que habitan ambos poblados, tienen como principal actividad económica la industria, puesto que Purépero cuenta con diversas industrias de comestibles y enseres para el ser humano. La agricultura se manifiesta muy poco debido a que son sitios con zonas muy accidentadas topográficamente y con nulos valles para el cultivo. Entre los pocos productos del campo que se cultivan en la zona están principalmente, el Maíz, tomate, frijol, repollo, alfalfa, avena y trigo; Aunque ya existen algunas huertas de aguacate.

Con la construcción de este camino los principales beneficiados son la mayoría de los habitantes en ambas poblaciones, por la sencilla razón de que se pueda llevar ciertos servicios que son indispensables para el desarrollo de las comunidades más pequeñas como es la localidad de Caurio de Guadalupe. Entre estos servicios se encuentran, educación, salud, alimentación y servicios secundarios (trasporte urbano y traslado de mercancías).

CAPÍTULO 1

VÍAS TERRRESTRES

En este capítulo se abordará todo lo relacionado con las generalidades de las vías terrestres, así como los elementos y características necesarias para la correcta construcción de la misma.

1.1. Antecedentes de los caminos.

Desde la invención de la rueda en Asia menor, hace alrededor de 5000 años; se originó la necesidad de contar con brechas para el rodamiento de las carretas en ese entonces.

En esa época los egipcios y los asirios eran los pueblos más florecientes, es por esto que se vieron obligados a tener un mayor desarrollo de sus caminos, posteriormente con el surgimiento del imperio romano, empiezan a construirse los caminos ya de una manera científica.

El gran crecimiento que tuvo el imperio romano se debido a múltiples factores, pero quizá el amas importante fue la perfecta red de caminos que lograron construir, ello conllevó a que las distancias se acortaran, esto gracias a la gran habilidad de sus ingenieros militares, los cuales lograron superar diversos obstáculos para construir dicha red de caminos.

1.1.2. Antecedentes de los caminos en México.

Con la aparición del automóvil en México en 1906, revoluciono los viejos sistemas de transportación terrestre entre 1906 y 1918, este avance es de mayor importancia que el registrado 400 años atrás en el país.

Hasta el momento en que aparece el automóvil, las características de los caminos existentes eran las adecuadas para satisfacer las necesidades de los vehículos a base de tracción animal, pero con la aparición del automóvil capaz de viajar a velocidades inusitadas hasta ese entonces, se vio la necesidad de mejorar los caminos existentes, e incluso construir nuevas vías de comunicación para satisfacer la nueva demanda.

En la actualidad en México se construye una vasta red de caminos que van desde la las autopistas de cuota, hasta las más modestas brechas. Este factor básico de desarrollo inicio en el país hace alrededor de 83 años.

1.2. Inventario de caminos.

Para obtener un inventario de caminos existentes en una localidad, se pueden sugerir varios métodos que van desde el más simple, que es recorrer el camino en un automóvil, tomando los kilometrajes con el odómetro de dicho vehículo. O hacerlo por medio de los métodos topográficos más precisos y de ese modo obtener los resultados directamente.

1.2.1. Método Odógrafo-Giróscopo-Barométrico.

El método Odógrafo-Giróscopo es el que combina satisfactoriamente los factores de precisión, rapidez y economía, en lo referente al levantamiento de la planta del camino, complementando el dibujo del perfil por medio del sistema barométrico.

Los datos necesarios para obtener el inventario del camino son: planta, perfil, sección transversal, alineamiento horizontal y vertical, itinerario, configuración del terreno por el que se cruza, características de la superficie de rodamiento, visibilidad, señalamiento, obras de drenaje, cruces y entronques con otras vías de comunicación, uso de la tierra a los extremos del camino, así como las principales características de las poblaciones por donde pasa el camino en cuestión y otras cuestiones que se consideren de relevancia.

1.2.2. Aplicación del inventario de caminos.

La obtención de la capacidad de los caminos que integran la red, es una de las principales características que se puede extraer de un inventario de camino. Esta capacidad del camino es determinada por diversos factores como son: sus características geométricas, y las del tránsito que por el circula.

La sección transversal, donde se incluyen, el ancho de carril, distancia a obstáculos laterales, estado y ancho de los acotamientos, alineamiento horizontal y vertical, así como la distancia de visibilidad al rebase; es una de las principales características geométricas del camino, que influye en la capacidad del mismo.

Los datos anteriormente citados, se obtienen al efectuar un inventario de camino y por lo tanto pueden ser utilizados inmediatamente para calcular la capacidad de los diversos tramos del camino en estudio.

El poder señalar las obras necesarias, así como sus prioridades en los programas de remodelación, construcción y conservación, es otra de las características que se pueden obtener con la implementación del inventario de caminos, los aspectos mencionados anteriormente justifican por si mismos la realización del inventario.

1.3. Elementos usados de la ingeniería de tránsito para el proyecto.

La ingeniería de tránsito es la rama que estudia el movimiento de personas y vehículos ya sea en calles o caminos, con el propósito de hacerlos seguros, rápidos y eficaces.

1.3.1. Problema del tránsito.

El problema del tránsito existe esencialmente en la enorme diferencia que hay entre los vehículos modernos y los caminos anacrónicos en que tienen que transitar. La mayoría de los caminos actuales son solo mejoramientos de las rutas seguidas por las pasadas diligencias, y otros son caminos que fueron diseñados para vehículos de hace 40 años y por obvias razones no cumplen con las necesidades de los vehículos actuales. Por el contrario el vehículo si ha experimentado grandes cambios en los últimos 50 años.

Los factores más importantes que intervienen en el problema del tránsito son: la existencia de una gran variedad de vehículos que transitan por el mismo camino como son: automóviles, camiones, motocicletas, bicicletas y vehículos de tracción animal.

1.3.2. Soluciones al problema del tránsito.

Existen principalmente tres soluciones al problema del tránsito como lo son:

a) **Solución integral.** Esta consiste en crear un tipo de camino nuevo que sirva para alojar al vehículo moderno durante un tiempo razonable, en esta solución deberán proyectarse ciudades con un trazo nuevo así como caminos en los cuales se pueda viajar con seguridad y rapidez de acuerdo con las exigencias del nuevo vehículo.

b) **Solución parcial de alto costo.** En ella se trata de sacar el mayor provecho de los caminos existentes en los cuales se requieren fuertes inversiones como lo son ampliaciones de calles, construcción de pasos a desnivel, mayor cantidad de estacionamientos y creación de sistemas de control automático del tránsito.

c) **Solución parcial de bajo costo.** Consiste en aprovechar al máximo las características del camino existentes tratando de minimizar lo más posible obras materiales, para lograr esto deberán dictarse nuevas leyes dedicadas a las necesidades reales del tránsito. Realizar cambios en la circulación de los vehículos para lograr la circulación en un sentido, así

como implementar programas de educación vial y con esto mejorar el desempeño del camino.

1.3.3. El usuario.

El usuario de los caminos se encuentra presente de dos maneras diferentes en las calles donde hay circulación por parte de vehículos y tránsito peatonal. Por lo tanto se tiene al usuario en un camino o vía de comunicación como peatón y como conductor. Es por esto que se tiene que analizar de manera separada a estos dos tipos de usuarios.

a) **El peatón.** Tiene como principal característica el moverse rápidamente cuando ve venir un automóvil que atente contra su seguridad, no siempre el peatón puede esquivar los objetos motorizados, la mayoría los accidentes se dan por distracción o por no saber distinguir las velocidades que pueden alcanzar los diferentes vehículos que circulan en ese camino. Estadísticamente el 80% de los peatones atropellados no saben conducir, por lo que se puede concluir que dichos accidentes se deben a que el peatón aún no se ha relacionado con la era motorizada.

   Para evitar dichos accidentes el peatón tiene que transitar por la banqueta, la cual debe que tener las medidas adecuadas para que el tránsito del peatón se rápido y seguro. En lugares donde el peatón tenga la necesidad de cruzar una calle o avenida, deberá hacerlo por lugares donde pueda cruzar libremente y con seguridad. Estos lugares pueden ser donde hay

semáforos, puentes peatonales o cruces en esquinas en donde el vehículo no alcanza velocidades elevadas.

b) **El conductor.** tiene el control del movimiento del vehículo, en el cual de los casos dicho conductor puede ser o no responsable del buen manejo de su unidad. La responsabilidad de un adecuado manejo del vehículo es fundamental, por lo que el conductor deberá saber controlar el freno y el acelerador y con esto limitar las velocidades que alcanzara dicho vehículo.

   La velocidad con la que es conducido un vehículo, define la seguridad o el riesgo de tener un accidente, cuando la velocidad es alta el conductor no será capaz de controlar dicho vehículo en caso de encontrarse con un obstáculo en su trayectoria, si además a esto le aunamos problemas mecánicos del vehículo o en su estructura, una mala calidad de la superficie de rodamiento, o la falta de visibilidad del conductor es poco probable que pueda evitar un accidente.

   La visibilidad puede ser afectada por falta de percepción del ojo del conductor, por cuestiones climatológicas o por una mala planeación, proyección y construcción de la vía terrestre, el ojo del conductor tiene que distinguir los colores y la profundidad de percepción, esto quiere decir que el conductor deberá visar objetos que se encuentren adelante, notar los movimientos y trayectorias que tengan dichos objetos, por la noche el conductor deberá ser capaz ver el camino con poca luz, además de poder distinguir con claridad señalamientos en el camino como lo son luces, señales preventivas y semáforos.

1.3.4. El vehículo.

El vehículo en los últimos tiempos ha tenido una gran evolución, sobre todo en los países con más desarrollo tecnológico. Uno de los principales adelantos que ha tenido al pasar de los años es la potencia.

Los vehículos más comúnmente usados se dividen en dos tipos los ligeros y los pesados.

a) **Vehículos tipo "A".** este grupo lo conforman los vehículos ligeros y que cuentan con dos ejes y cuatro ruedas tales como automóvil, camioneta, unidades de carga ligera.
b) **Vehículos tipo "B".** este grupo lo conforman los vehículos pesados como lo son camiones de carga y autobuses y entran en esta clasificación todos aquellos que cuentan con más de dos ejes y seis o más ruedas.

Las características de operación de cualquier vehículo están definidas principalmente por su peso estando cargados y por la potencia del motor, es por eso que la relación peso-potencia es muy importante para saber las velocidades que adquieren los camiones de carga en la carretera y los tiempos de recorrido, debido a esto las empresas constructoras de vehículos independientemente del tamaño y capacidad de carga conservan siempre igual la relación peso-potencia sirviendo esto al proyectista de vías ya que el vehículo de proyecto tendera a estandarizarse.

Otra de las características de operación son la aceleración y la desaceleración y se dice que la aceleración es la acción que genera el motor de un vehículo siendo esta mayor a las fuerzas que se oponen al movimiento, cuando ocurre el caso

contrario existe una desaceleración, comúnmente hay una aceleración por parte del conductor cuando entra en una pendiente ascendiente o cuando se va a incorporar a una corriente de transito por medio de un carril de aceleración, la desaceleración se produce cuando el conductor quiere disminuir la velocidad, cuando algún peligro se aproxima, al presentarse una salida de un camino de alta velocidad, en el cruce de una intersección o en la entrada de una pendiente descendente; la combinación de la fuerza atractiva y de resistencia dan como resultado el que un vehículo desacelere dependiendo de la relación peso-potencia, es decir la fuerza disponible para acelerar o desacelerar de un vehículo está en función de la fuerza tractiva neta del automóvil, resultante de restar a la fuerza del motor todas las resistencias internas y las pérdidas de potencia por altura y de la suma de resistencias que se oponen a su movimiento.

Por los caminos de México circulan diferentes tipos de vehículos, ocupando los vehículos ligeros un 58% del volumen total, siendo el 46% automóviles y se definen por las letras (AP), el restante 12% le corresponde a las camionetas y se definen como (AC).

En cuanto al 42% restante del volumen total, son camiones pesados, del cual un 12% son autobuses y el 30% restante son camiones de carga, este último porcentaje se divide en camiones de 2 ejes (C2) con un 22%, camiones de 3 ejes (T2-C3-S1) con un 4%, camiones de 4 ejes (T2-S1) con un 2%, camiones de 5 ejes (T3-S2 y T2-S1-R2) con un 2%

Vehículos tipo y su clasificación en México		
Tipo de vehículo	Numero de ejes	Símbolo
Automóviles	2	AP
Camionetas	2	AC
Autobuses	2	B
Camiones	2	C2
	3	C3, T2-S1
	4	T2-S2
	5	T3-S2, T2-S1-R2

Tabla 1.

1.3.5. El camino.

Un camino es una faja de terreno acondicionada para la circulación de los vehículos y se clasifican de acuerdo a su transitabilidad en camino pavimentado, camino revestido y camino de terracería, de los cuales los dos primeros son transitables todo el tiempo y el último solo es transitable en tiempo de secas.

De acuerdo con la Secretaria de Comunicaciones y Transportes los caminos se clasifican en:

a) Montañoso

b) Lomerío

c) Plano

También se clasifican por su capacidad y en la práctica popular se clasifican los caminos en:

a) autopistas (de cuatro o más carriles).
b) caminos de 2 carriles.
c) Brechas.

La clasificación administrativa determina los caminos principalmente de cuatro maneras:

a) **Caminos federales.** Son aquellos proyectados, construidos y conservados por la federación.
b) **Caminos de cooperación bipartita.** Son los construidos por las juntas locales de caminos con fondos iguales de la federación y de los estados.
c) **Caminos de cooperación tripartita.** Son construidos con fondos iguales por parte de la federación, el estado y los particulares.
d) **Caminos de cuota.** Estos son construidos con fondos de caminos y puentes de ingresos y obras conexas.

1.4. Velocidad.

La velocidad es un factor fundamental para el proyecto de un determinado camino, ya que su utilidad y buen funcionamiento se juzgan por la rapidez y seguridad con que las personas y mercancías se mueven en dicho camino. Se distinguen cuatro tipos de velocidad que son de proyecto, de operación, de punto y efectiva o global.

a) **Velocidad de proyecto.** Esta es la máxima velocidad sostenida que nos proporciona seguridad a lo largo del camino y por lo tanto es la que rige para determinar los elementos geométricos de un camino, en resumen es

la velocidad máxima a la que los vehículos pueden circular con seguridad sobre el camino cuando se tienen las condiciones atmosféricas favorables a los conductores.

En la elección de la velocidad de proyecto influyen la configuración topográfica del terreno, el tipo de camino, los volúmenes de tránsito y el uso de la tierra.

Entonces en un proyecto de un camino es conveniente proyectar siempre con la misma velocidad de proyecto en toda la longitud del camino, esto no siempre se puede cumplir ya que el terreno lo impide cuando la topografía del terreno no es igual o uniforme en algunos tramos. En estos casos en la velocidad no debe cambiar bruscamente, sino por el contrario tiene que ser un cambio de velocidad en el cual el conductor pueda ajustar su velocidad gradualmente.

b) **Velocidad de operación.** Es la velocidad real con que transitan los vehículos sobre el camino y esta es un índice del grado de eficiencia que proporciona dicho camino a los usuarios.

Entonces básicamente es la velocidad con la que se puede transitar en un determinado camino, tomando en cuenta las condiciones de tránsito y sobre todo condiciones que tienen que ver con lo atmosférico, y teniendo como principal factor que no se tiene que rebasar la velocidad de proyecto en ningún tramo del camino.

c) **Velocidad de punto.** Esta es la velocidad que se alcanza en un determinado punto del camino, en el cual se toma la velocidad de cierta

cantidad de vehículos. para tramos de camino pequeños en los cuales las características de operación son poco variables se puede considerar la velocidad de punto como representativa de la velocidad de operación, por otro lado si los tramos son largos y la velocidad varia constantemente la media aritmética de las velocidades de punto nos acarrea la velocidad de operación a lo largo del tramo carretero.

En este tipo de velocidad intervienen diferentes características como lo son: el usuario, el vehículo, el camino, el volumen de tránsito, la velocidad permitida, y las condiciones prevalecientes.

d) **Velocidad efectiva global.** Es el promedio de la velocidad constante obtenida por en un vehículo a lo largo de un determinado camino.

La velocidad global se obtiene sumando todas las distancias de un cierto grupo de vehículos y se divide entre el tiempo de recorrido, aunque aquí se toma el tiempo de las demoras que se tuvo ya sea por tráfico en el camino o por la reducción de velocidades en diferentes tramos donde la velocidad se reduce considerablemente.

Sirve para comparar las condiciones de fluidez en una o en diferentes rutas cuando se han realizado cambios y se quieren conocer los efectos ocasionados por dichos cambios realizados en el camino.

1.5. Volumen de tránsito.

El volumen de tránsito es el número de vehículos que se mueven en una dirección determinada sobre un carril o carriles dados y que pasan por un punto determinado del camino durante un cierto periodo de tiempo, los periodos de tiempo más usados son la hora y el día.

El volumen de tránsito está dividido principalmente en dos, uno es el volumen promedio diario anual, que se refiere al número de vehículos que pasan por un punto determinado del camino durante un periodo de 365 días, el otro es el volumen máximo horario anual, este nos indica el volumen horario más alto que acontece para un determinado año.

El volumen promedio diario anual no es el indicado para el proyecto de un camino ya que no indica la variación que ocurre durante los meses del año, los días de la semana y las horas del día, mientras que el volumen máximo horario anual aunque es el que más se acerca a las condiciones de operación, su aplicación al proyecto daría como resultado obras sobradas. El volumen horario más conveniente para proyecto es formar una gráfica en la que se muestren las variaciones del volumen horario durante el año, para los caminos rurales de dos carriles, el volumen horario promedio es el tránsito total en ambas direcciones de circulación con más de dos carriles, es indispensable para el proyecto conocer el volumen horario en cada dirección.

El volumen de tránsito se puede obtener con datos estadísticos o con un conteo del tránsito. El conteo se puede realizar de manera mecánica o manual. El conteo de tipo manual o mejor conocido como muestreo es el más económico, aun que tiene la desventaja de no ser exacto ya que hay variaciones durante las

estaciones, o con las fechas del año. Este conteo se lleva a acabo de la siguiente manera: se ubica una estación en un punto estratégico y se realiza el conteo manual de los vehículos que pasan en uno o dos sentidos. El periodo de conteo es corto, la duración es de 5 a 10 días continuos tratando de hacerlos en periodos estratégicos para poder sacar muestras representativas de toda la semana y los días más importantes como lo son los fines de semana y los días lunes.

Mientras que el conteo mecánico se lleva a cabo con diferentes dispositivos como contadores neumáticos y contadores electromagnéticos. En cuanto a los contadores neumáticos, este dispositivo se coloca transversalmente en la carretera, específicamente donde se quiere conocer el volumen del tránsito. El funcionamiento de este dispositivo se da cuando los neumáticos tocan el dispositivo, esté a través de unas membranas internas le trasmiten al contador electrónico. La desventaja que tiene este dispositivo es que al cruzar dos vehículos al mismo tiempo solo registra a uno de ellos. Otra de las desventajas que tiene es que no puede clasificas los diferentes tipos de vehículos que circulan, sólo realiza el conteo de ejes sin importar de qué tipo de vehículo se trate.

Los contadores electromagnéticos se colocan dentro del pavimento esté dispositivo esta conformado por un circuito bifilar, por el cual pasan una serie de hilos, uno de ellos tiene corriente eléctrica de alta frecuencia, esta provoca a los demás hilos una corriente inducida y funciona cuando el peso del vehículos provoca un cambio en la corriente y se dirige hacia un registro que recoge dicha lectura.

1.5.1. Estudios de origen y destino.

Este tipo de estudio se considera como el más completo para realizar el aforo de vehículos, ya que por medio de él se pueden conocer los volúmenes de tránsito, tipos de vehículos, clasificación por direcciones, el origen y el destino del viaje, tipo de carga y tonelaje, número de pasajeros, dificultades que se presentan durante el recorrido, productos transportados, así como modelos y marcas de los vehículos.

Entre las principales aplicaciones de este estudio pueden citarse las siguientes: conocer la demanda que existe dentro de una ciudad para usar en menor o mayor grado una cierta ruta. Hay cuatro maneras prácticas de llevar a cabo los estudios de origen y destino:

1. Por medio de entrevistas directas al conductor.
2. Entregando al usuario un cuestionario en una estación de aforo para que lo llene en su recorrido, el usuario deberá regresar el cuestionario lleno en la próxima estación.
3. Entrevistas personales echas mediante muestreo estadístico en los domicilios de los usuarios.
4. La observación de las placas de los vehículos en diferentes puntos.

1.5.2. Previsión del tránsito.

En los proyectos de nuevos caminos o rehabilitación y mejoramiento de los mismos, estos no se deberán basar en los volúmenes de transito actuales si no en los volúmenes de tránsito a futuro. La determinación de estos volúmenes no es fácil ya que no existe ninguna fórmula matemática en la cual se puedan introducir todas las variables que afectan este cálculo.

La previsión de tránsito futuro deberá hacerse tomando en cuenta un plazo mínimo de 15 años, teniendo en cuenta los factores de transito actual, aumento del tránsito y el factor de previsión del tránsito, este último es la relación del tránsito futuro o transito actual expresada en porciento decimal, esta se obtiene con la sumatoria de los porcentajes de aumento para cada renglón de crecimiento del tránsito y haciendo una relación con el transito actual.

1.6. Densidad de tránsito.

La densidad de tránsito es el número de vehículos que se encuentran en el tramo de un camino en un momento dado. Este no debe confundírsele con el volumen de transito puesto que este expresa el número de vehículos que pasan en la unidad de tiempo de tal manera que cuando un camino se encuentra congestionado el volumen puede llegar a ser igual a cero en tanto que la densidad es muy alta.

Por lo tanto, se concluye que el volumen de tránsito es igual a la velocidad por la densidad, entonces puede observarse que si la velocidad permanece constante existe una relación lineal entre el volumen y la densidad, pero la realidad es que al aumentar el volumen siempre disminuye la velocidad con que pueden viajar los conductores y la relación entre volumen y densidad resulta que no es lineal en la práctica.

1.7 Derecho de vía.

Se llama así a la franja de terreno a lo largo del mismo que se requiere para alojar una vía de comunicación. El ancho de derecho de vía deberá establecerse atendiendo las condiciones técnicas relacionadas con la seguridad, utilidad especial y eficiencia del servicio que deben de proporcionar las vías de comunicación, por ejemplo es más la cantidad de terreno para una autopista que para una brecha. En México el derecho de vía mínimo tiene una amplitud mínima de 40 metros, es decir de 20 metros a cada lado del eje del camino. Respecto a su adquisición no es un asunto muy relacionado con los ingenieros sino más bien de los abogados, el procedimiento para la adquisición en México de un derecho de vía esta ligado con la importancia y magnitud de la carretera, como lo pueden ser de tipo federales, de cooperación bipartita o de cooperación tripartita.

En los caminos federales el procedimiento a seguir queda definido por el artículo de la “ley de vías generales de comunicación” expedido por decreto de fecha 30 de diciembre de 1939, lo cual establece en articulo no. 1 que son vías generales de comunicaciones.

Con relación a los trámites, la documentación y los pagos que se realizan por motivo de las afectaciones a los dueños de terrenos, que tengan que ser utilizados para servir como derecho de vía. Se trataran en la dirección General de Asuntos Jurídicos, así mismo en conjunto se realizan los trámites con el Departamento de derecho de vía de la secretaria de obras públicas. En dichos departamentos se presentara la documentación donde se compruebe la propiedad de los predios así

como los montos de las afectaciones causadas, dichos montos deberán estar justificados con un estudio de precios unitarios ya establecido por la secretaria.

1.8. Capacidad y nivel de servicio.

La capacidad de servicio está directamente relacionada con la cantidad de vehículos que circulan en una vía en un determinado tiempo, por lo que la capacidad de servicio se convierte en un buen o mal nivel de servicio.

El nivel de servicio cambia con el volumen de tránsito. La capacidad de un camino, es el número máximo de vehículos que circulan por el en un periodo de tiempo dado, este debe ser definido, por periodos cortos como una hora o menos y en periodos largos de un día o un año.

Las condiciones ambientales tales como claridad, frio, calor, tormenta, lluvia, nieve, niebla y smog afectan considerablemente la capacidad, pero dada la dificultad de evaluación de estos factores no se toman en cuenta. Es por esto que las condiciones prevalecientes en la capacidad de un camino son principalmente el alineamiento horizontal y vertical, el número y ancho de carriles.

Por tanto el nivel de servicio, es una medida cualitativa del efecto de una serie de factores como la velocidad, tiempo de recorrido, interrupciones de tránsito, comodidad de manejo, seguridad, los costos de operación, etc.

El volumen de servicio es el volumen de transito que corresponde a un determinado nivel se servicio, siendo el volumen de servicio máximo igual a la capacidad.

Los caminos presentan diferentes características geométricas vistas principalmente en la sección transversal y pendientes, según sea el tipo de terreno que cruzan, afectando mayormente las características de operación del tránsito pesado de la siguiente manera:

a) Caminos en terreno plano: Mantienen el tráfico pesado con velocidades semejantes a los vehículos ligeros.
b) Camino en lomerío: sus características obligan a los vehículos pesados a reducir su velocidad por debajo de la de los vehículos ligeros en algunos tramos del camino.
c) Caminos en montaña: provoca que los vehículos pesados operen velocidades muy bajas, en distancias importantes y con bastante frecuencia.

Lo requiere para que una carretera presente un nivel de servicio adecuado es que el volumen de servicio sea menor que la capacidad de la carretera. El volumen máximo que puede transportarse en cualquier nivel de servicio seleccionado, se denomina "volumen de servicio" para ese nivel.

Los factores que afectan la capacidad y el volumen de servicio se dan cuando las condiciones del camino se alejan de las condiciones ideales es por esto que la capacidad o el volumen se reducen, entre los factores relativos al camino se encuentran el ancho de carril, los obstáculos a las orillas del mismo, los acotamientos, las condiciones de la superficie de rodamiento así como las características del alineamiento horizontal y vertical. También existen los factores

relativos al tránsito estos influyen principalmente en la capacidad y el volumen de servicio siendo los mayores causantes de este factor camiones y autobuses.

1.9. Distancia de visibilidad.

La distancia de visibilidad de parada es la necesaria para que el conductor de un vehículo moviéndose a la velocidad de proyecto pueda detenerse antes de llegar a un objeto fijo en su línea de circulación. Las consideraciones de distancias de visibilidad son las que se suponen que el ojo del conductor está a 1.15 metros sobre el pavimento y que el objeto tiene una altura de 15 cm.

La distancia de visibilidad de parada está compuesta por dos términos: la distancia recorrida desde que se percibe un objeto en su línea de acción hasta que el conductor coloca su pie en el pedal del freno y la distancia que se recorre desde el momento que se aplica el freno hasta que el vehículo se detiene.

1.9.1. Distancia de visibilidad de rebase.

Se le llama distancia de visibilidad, cuando un vehículo tiene un espacio dentro del camino para realizar la maniobra de adelantarse a otro vehículo que tengan una menor velocidad. Dicha maniobra se realiza cuando el conductor tiene la visibilidad y seguridad de que no tener una colisión con un tercer vehículo que circule en sentido contrario, en los caminos de dos sentidos con dos carriles generalmente los vehículos rápidos tienen que rebasar a los que circulan lentamente, debiendo ocupar durante cierto tiempo el carril que es usado normalmente por el tránsito de sentido contrario. Para hacer el rebase con seguridad el conductor debe ver delante una distancia suficiente sin vehículos de tal modo que pueda completar la maniobra

de paso sin tropezar con el transito contrario o interrumpir la marcha del vehículo rebasado.

Donde la pendiente del camino es fuerte, se deberá proyectar una buena visibilidad de rebase ya que los vehículos que circulen de manera ascendente, no tendrán un buen desempeño del motor para realizar la maniobra, además se complica aún más por el motivo que los vehículos que circulan de manera descendente alcanzan mayor velocidad por cuestiones simples de gravedad que los que circulan de manera contraria, de ser necesario el conductor podrá regresar al carril de la derecha si ve tránsito en sentido contrario una vez iniciada la maniobra.

Una maniobra de rebase se puede realizar de manera segura tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

a) El vehículo que va a ser pasado marcha a velocidad uniforme.
b) El vehículo que va a rebasar alcanza al vehículo que va a ser rebasado, es entonces cuando empieza la maniobra a la misma velocidad.
c) El vehículo que va a rebasar acelera durante la maniobra y su velocidad media durante el tiempo que ocupa el carril contrario es de 15 km/hr mayor a la del vehículo que está siendo rebasado.
d) El vehículo que transita en sentido contrario viaja a la misma velocidad que el vehículo que se está rebasando y el tiempo crítico es de 2/3 del tiempo que ocupa el vehículo que está rebasando en el carril izquierdo.

1.10. Mecánica de suelos.

Con el estudio de la mecánica de suelos podemos conocer las diferentes características que se encuentran en las partículas que conforman la estructura de los diferentes tipos suelos. El suelo tiene diferentes definiciones según el tipo de ciencia que lo estudie, pero en esta investigación el suelo lo definiremos como material terroso y queda exento todo tipo de rocas ígneas, metamórficas o rocas sanas. El suelo tiene su formación cuando las rocas que se disgregan fácilmente por motivo de la erosión, por el agua, incluso por el aire.

Los suelos tienen diferentes fases, siendo la mayor parte de los suelos mezclas de partículas minerales con porciones de agua y aire. Por lo tanto se llega a un modelo de suelo con tres fases: Sólida, Líquida y Gaseosa.

a) Fase sólida. Se compone principalmente por partículas minerales de suelo.
b) Fase líquida. Está compuesta por agua principalmente.
c) Fase gaseosa. Se compone por diferentes gases como vapores sulfurosos, anhídrido carbónico, pero principalmente está compuesta de aire.

En mecánica de suelos la granulometría es de suma importancia ya que estudia las formas y tamaños de gravas y partículas que constituyen un suelo, un suelo puede tener diferentes formas, ya sean tubulares, de placas, angulares y redondas.

Los suelos se pueden estructurar en dos tipos, los suelos formados por partículas grandes y los formados por partículas pequeñas.

a) Los suelos formados por partículas grandes como son gravas y arenas, tienen esencialmente las mismas propiedades, su diferencia se radica en el grado en que las partículas se presentan.

La división de los tamaños de grava y arena por medio de mallas es diferencial y no corresponde a un cambio definido en propiedades. Las gravas y arenas compactadas, bien graduadas, son un material estable, pero un suelo grueso que no venga acompañado de un suelo fino es permeable fácil de compactar, la humedad le afecta ligeramente y no se ve sujeto a la acción de las heladas. A medida que las arenas se hacen más finas a punto de volverse uniformes, se pueden confundir fácilmente con los limos a simple vista, sin embargo, las arenas secas no tiene cohesión y se sienten granulares en contraste con la ligerísima cohesión y sensación suave que presentan los limos secos.

b) Los suelos formados por partículas pequeñas como limos y arcillas estos suelos son los que presentan más dificultades ya que muestran grandes cambios en sus propiedades físicas al cambiar su contenido de humedad. Por ejemplo una arcilla seca, dura, puede ser conveniente como cimentación para cargas pesadas, mientras permanezca seca, pero puede convertirse en una estructura muy inestable al menor movimiento.

Muchos de los suelos finos están sujetos a encogerse al secarse y a expandirse con la humedad, lo cual puede afectar perjudicialmente a las estructuras cimentadas sobre ellos o construidas con ellos. Aun cuando la humedad no cambie, las propiedades de los suelos finos pueden variar

considerablemente de las que poseen en su estado natural cuando se les altera de alguna manera.

El sistema de clasificación de suelos está basado en los criterios de la granulometría, siendo la gráfica granulométrica la que representa la distribución de los diferentes tamaños que tiene un suelo. Cuando se realiza el cribado de un suelo, por diferentes mallas, los porcentajes que retienen las diferentes mallas, se tabulan en la gráfica granulométrica para identificar si el suelo se encuentra bien o mal graduado. Durante el proceso de cribado se puede conocer si se trata de gravas, arenas o de finos.

Clasificación de suelos propuesta por G. Gilboy y adoptada por Massachusetts Institute of Technology, (M.I.T.). (Tamaño en mm.)								
2.0	0.6	0.2	0.06	0.02	0.006	0.002	0.0006	0.0002
Gruesa	Media	Fina	Grueso	Medio	Fino	Gruesa	Media	Fina (coloides)
ARENA			LIMO			ARCILLA		

Tabla 2.

CAPÍTULO 2

DRENAJE

En el presente capítulo se verán los diferentes tipos de drenaje que existen así como las principales características con las que debe cumplir dicho sistema para su correcto funcionamiento.

2.1. Objetivo.

El principal objetivo de un sistema de drenaje en los caminos, es el reducir lo más posible el agua que por diferentes cuestiones logra llegar al mismo y en segundo plano, dar una rápida salida a dicha agua que logro entrar en este, y con esto evitar un gran número de accidentes y molestias a los usuarios, subsecuentemente también se evita el deterioro del camino, reduciendo con esto el costo en reparaciones o mantenimiento del mismo.

2.2. Factores hidrológicos.

La hidrología se define como la ciencia natural que se encarga del estudio del agua, su existencia, distribución y circulación en la superficie terrestre, sus propiedades físicas como químicas, así como la relación que tiene directamente con el medio ambiente, incluyendo a todos los seres vivos.

Del concepto de hidrología se derivan diferentes factores hidrológicos como son: la precipitación, el escurrimiento, la infiltración, las aguas subterráneas y en general todos los factores que intervienen en el ciclo hidrológico.

2.2.1. Ciclo hidrológico.

La naturaleza permite el reciclaje del agua siguiendo un procesos conocido como el ciclo hidrológico o ciclo del agua. En este ciclo, el agua pasa por los tres estados, trasladándose de un lugar a otro.

El agua se presenta en grandes cantidades en los mares, los lagos, las lagunas y los ríos. Ahí recibe los rayos del sol que permiten su evaporación y la circulación de las aguas superficiales. El agua que asciende a la atmósfera forma las nubes y ahí permanece hasta producirse la condenación. Luego, debido a su saturación y a las temperaturas del ambiente, el agua cambia a estado líquido o sólido, precipitándose como lluvia o granizo.

Estas precipitaciones se dan en diversas zonas, dependiendo del desplazamiento de las nubes por los vientos. El ciclo hidrológico consta de 4 etapas: almacenamiento, evaporación, precipitación y escorrentía.

El agua se almacena en océanos y lagos, en ríos y arroyos, y en el suelo. La evaporación, incluida la transpiración que realizan las plantas, transforma el agua en vapor de agua. La precipitación tiene lugar cuando el vapor de agua presente en la atmósfera se condensa y cae sobre la Tierra en forma de lluvia, nieve o granizo. El agua de escorrentía incluye la que fluye en ríos y arroyos, y bajo la superficie del terreno (agua subterránea).

El movimiento continuo de agua entre la Tierra y la atmósfera se conoce como ciclo hidrológico. Se produce vapor de agua por evaporación en la superficie terrestre y en las masas de agua, y por transpiración de los seres vivos. Este vapor circula por la atmósfera y precipita en forma de lluvia o nieve.

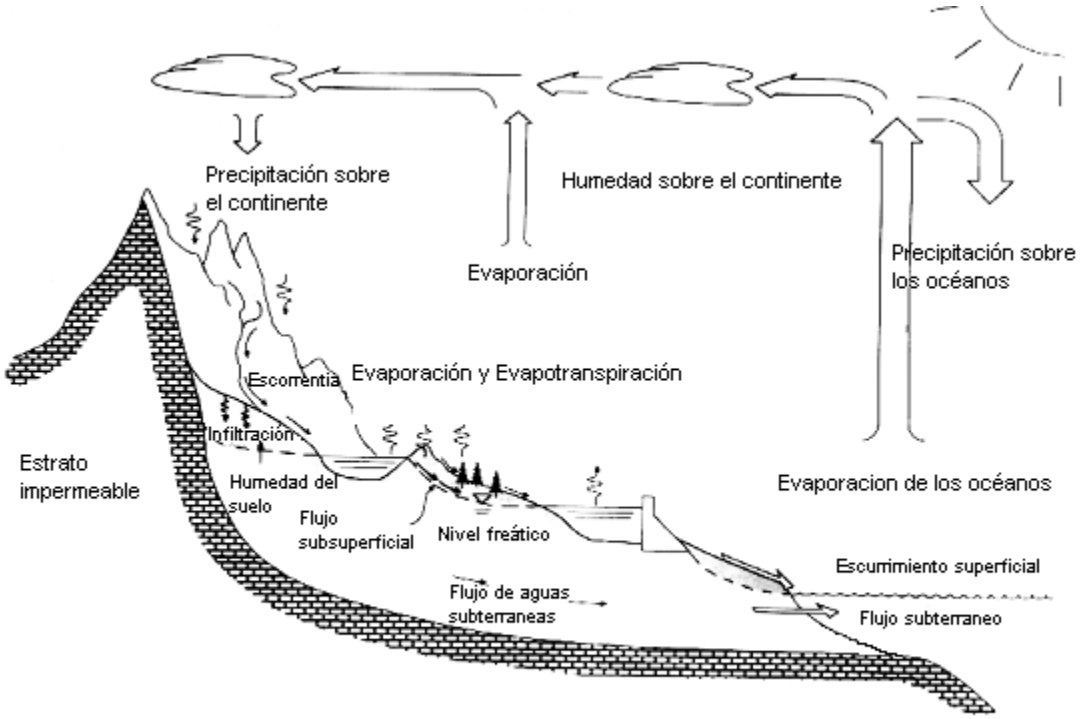


Fig. 1

2.2.2. Precipitación.

El término precipitación se utiliza para designar cualquier tipo de forma en que el agua cae desde las nubes a la corteza de la tierra. Existe diez tipos de precipitación pero sólo se distinguen normalmente tres: lluvia, granizo y nieve.

Las nubes al ascender se expanden y al hacerlo se enfrían alcanzando el vapor de agua el punto de rocío y la condensación. La condensación hace que la fuerza de la gravedad sobrepase las de suspensión y el agua cae hacia el suelo originándose las diferentes precipitaciones.

2.2.3. Escurrimiento.

El escurrimiento es la parte de la precipitación que aparece en las corrientes fluviales superficiales, perennes, intermitentes o efímeras, y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores. Dicho de otra manera, es el deslizamiento virgen del agua, que no ha sido afectado por obras artificiales hechas por el hombre. De acuerdo con las partes de la superficie terrestre en las que se realiza el escurrimiento, éste se puede dividir en:

a) **Escurrimiento superficial o escorrentía.** Es la parte del agua que escurre sobre el suelo y después por los cauces de los ríos.
b) **Escurrimiento subsuperficial.** Es la parte del agua que se desliza a través de los horizontes superiores del suelo hacia las corrientes. Una parte de este tipo de escurrimiento entra rápidamente a formar parte de las corrientes superficiales mientras que a la otra le toma bastante tiempo el unirse a dichas corrientes.
c) **Escurrimiento subterráneo.** Este se da debido a una profunda filtración del agua en el suelo, se lleva a cabo en los mantos subterráneos y que, posteriormente descarga a las corrientes fluviales. A la parte de la precipitación que contribuye directamente al escurrimiento superficial se le

llama precipitación en exceso. El escurrimiento subterráneo y la parte retardada del escurrimiento subsuperficial constituyen el escurrimiento base de los ríos. La parte de agua de escurrimiento que entra rápidamente en el cauce de las corrientes es a lo que se llama escurrimiento directo y es igual a la suma del escurrimiento subsuperficial más la precipitación que cae directamente en los cauces.

2.2.4. Infiltración.

La infiltración es el proceso por el cual el agua superficial se introduce en las capas internas del suelo debido básicamente a las fuerzas de la gravedad, aunque también intervienen fuerzas de tipo capilar así como otras de naturaleza más compleja como química, etc. El agua infiltrada puede llegar a los acuíferos, ríos, lagos o al mar mismo, pero también puede quedar retenida en el suelo y volver a la atmósfera por fenómenos de evaporación, el fenómeno de infiltración depende principalmente de los siguientes factores:

a) Las características del suelo, permeabilidad y estado de humedad del mismo.
b) Las características de la cubierta vegetal.
c) La intensidad y duración de la lluvia.
d) El estado de la superficie del suelo.
e) Las características del agua como temperatura e impurezas que contenga.

2.2.5. Aguas subterráneas.

El agua subterránea es la que se encuentra bajo la superficie terrestre y ocupa los poros y las fisuras de las rocas más sólidas, este tipo de agua mantiene una temperatura muy similar al promedio anual de la zona donde se encuentra, es por esto que en las regiones frías dicha agua se congela. La mayor parte de los yacimientos están a poca profundidad y desempeñan un papel discreto pero constante dentro del ciclo hidrológico. A nivel global, el agua subterránea representa unas veinte veces más que el total de las aguas superficiales de todos los continentes e islas, es por esto la importancia de este tipo agua como reserva y como recurso de agua dulce. Además, tiene un importante papel en la naturaleza. El efecto de la gran reserva de agua respecto al flujo anual, es esencial para mantener el caudal de base de muchos ríos y la humedad del suelo en las áreas bajas.

2.3. Cuenca hidrológica.

Es una zona de la superficie terrestre que capta grandes cantidades de agua, esta agua principalmente es de origen pluvial o escurrimientos que son productos de deshielo de montañas. El agua que se capta en el transcurso de la cuenca se encauza en la cuenca principal que es la que se encarga de drenar el agua a un punto de salida, este punto tiene una elevación menor que el cauce principal. Las cuencas tributarias o secundarias son los causes que aportan menor cantidad de agua, que la que conduce la principal. Desde el punto de vista de su salida existen principalmente dos tipos de cuencas la exorreicas y endorreicas, en la primera el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en

el mar mismo. Mientras que la segunda su punto de salida se encuentra dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago. El área de una cuenca hidrológica está delimitada por los diferentes parte aguas de la zona, por lo regular la superficie se mide en kilómetros cuadrados, por lo tanto se puede hacer una clasificación la cual consiste en lo siguiente, las cuencas que tengan una superficie menor de 250 km^2 se consideran pequeñas, en cambio, cuando se trate de superficies de más de 250 Km^2 se refiere a cuencas grandes.

2.3.1. Pendiente de la cuenca.

La pendiente de cuenca es la encargada de controlar la velocidad de escorrentía superficial, que contribuye a la red de drenaje de las cuencas; existen varios criterios para la recolección de datos, entre los cuales se encuentran el de Alvord y Horton.

2.3.2. Criterio de Alvord.

Dicho criterio está basado principalmente en analizar la pendiente que tienen las curvas de nivel y con esto poder analizar la faja que se define por las líneas medias, estas se ubican en el punto medio de las curvas de nivel, es entonces que el área tributaria para cada una se obtiene con la siguiente expresión:

$$S1 = D / W1$$

Donde:
S1 = pendiente media de la faja referente
D = desnivel entre líneas medias
W1 = ancho de la faja = a1/L1
a1 = área de la faja
L1 = longitud de la curva de nivel

Entonces para poder determinar la pendiente de la cuenca es necesario sacar el promedio de cada faja, manteniendo la relación con su área; esto se consigue aplicando la siguiente expresión:

$$Sc = (D * L) / Ac$$

Donde: D = desnivel constante entre curvas de nivel (L)

L = longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca (L)

Ac = área de la cuenca (L^2)

2.3.3. Criterio de Horton.

Este criterio está basado en insertar una retícula sobre el área de estudio en la cuenca, esta deberá orientarse en el sentido de la corriente principal. Por otro lado para determinar la pendiente que tendrá la cuenca, se harán mediciones de la longitud que tiene cada línea en la retícula, de esta manera se podrán situar las intersecciones y las tangentes de cada una de las líneas con respecto a las curvas de nivel de la cuenca.

Para determinar la pendiente de una cuenca se utiliza la siguiente expresión:

$$Sc = \frac{1}{2} \left\{ [(Nx * D) / Lx] + [(Ny * D) / Ly] \right\}$$

Donde: Nx = número de intersecciones con las curvas de nivel en el sentido x.

Ny = número de intersecciones con las curvas de nivel en el sentido y.

Lx = longitud total en la dirección x

Ly = longitud total en la dirección y

D = desnivel constante entre curvas de nivel

$Sc = ½ (Sx + Sy)$

Donde: Sx = sumatoria de Nx entre la sumatoria de Lx

Sy = sumatoria de Ny entre la sumatoria de Ly

2.3.4. Orden de corrientes.

Para poder determinar el orden que tiene cada una de las ramificaciones será necesario identificar perfectamente cada una de corrientes tributarias así como su longitud. La corriente de orden uno corresponde a un tributario sin ramificaciones y por consiguiente las de orden dos tiene como tributarios a las de orden uno. Las de orden tres pueden contener tanto como las de orden uno y dos, esta última descarga en la corriente de orden cuatro, así terminaría una cuenca donde la corriente sea de orden cuatro.

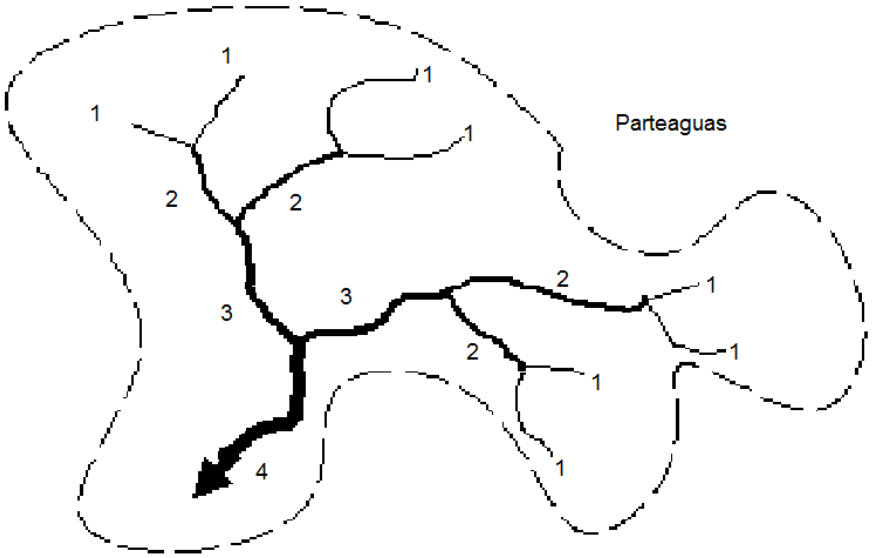


Fig. 2

Uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta que tiene una cuenca hidrológica a una tormenta es la pendiente del cauce principal, puesto que

está pendiente puede variar a lo largo del cauce, se necesita definir una pendiente media, la cual se puede determinar con los siguientes métodos.

a) La pendiente media es igual al desnivel entre los extremos de la corriente dividida entre el promedio de su longitud en planta.

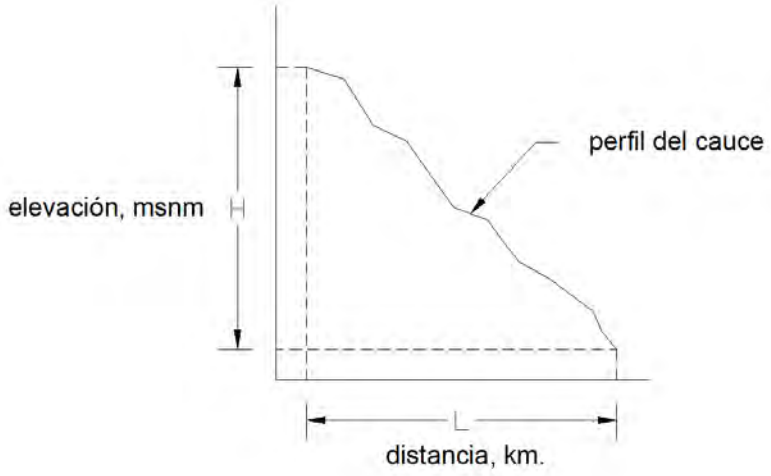


Fig.3

b) La pendiente media es la de una línea recta que se apoya en el extremo de aguas debajo de la corriente, y con esto hace que se obtengan áreas iguales entre el perfil del cauce así como arriba y debajo de dicha línea.

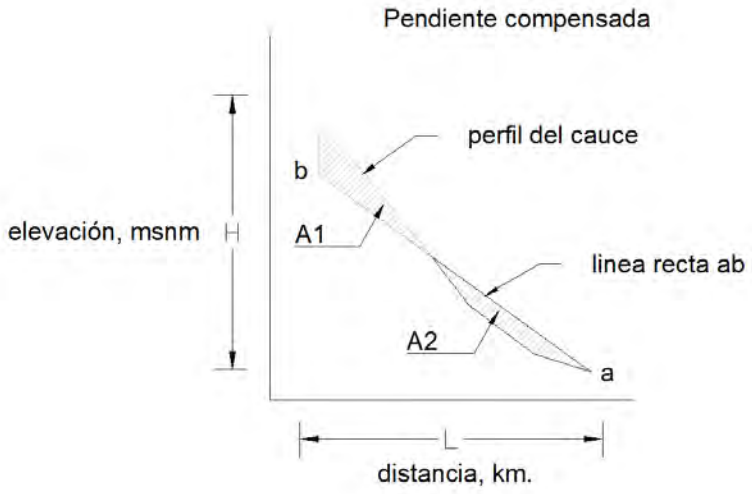


Fig.4

Existen varios tipos de corrientes y estas se clasifican de varias maneras de entre las cuales resaltan por su importancia las siguientes:

a) Por el tiempo en que transportan el agua, de acuerdo a esta clasificación las corrientes pueden se perennes, intermitentes o efímeras; donde las corrientes perennes son en las que el punto más bajo del cauce se encuentra siempre debajo del nivel de aguas freáticas, estas corrientes transportan el agua durante todo el año y están alimentadas por el agua subterránea. Por otro lado las corrientes intermitentes transportan el agua solo durante la época de lluvias. Las corrientes efímeras trasportan el agua inmediatamente después de una tormenta, estas corrientes alimentan los almacenamientos de agua subterránea.
b) Por su posición topográfica, de acuerdo con esta clasificación los ríos pueden ser de montaña, de transición y de planicie.

2.4. Avenida de diseño.

Se entiende como avenida de diseño a la avenida máxima que ocurre en el sitio donde se va a construir una obra hidráulica, con el propósito de recomendar las dimensiones correctas entre la superficie libre del agua y el lecho inferior de dicha obra hidráulica, así como para tener el correcto desalojo de una avenida extraordinaria.

2.5. Drenaje en los caminos.

Tiene como principal propósito el reducir al máximo la cantidad de agua que por un motivo u otro ha llegado a él, así como desalojar dicha agua en el menor tiempo posible. Para que un camino cuente con un adecuado sistema de drenaje este deberá evitar que el agua circule en cantidades excesivas por este, ya que de lo contrario el agua causara daños graves sobre la carpeta asfáltica como son baches, reblandecimiento de las terracerías originando asentamientos perjudiciales. Debe evitarse también que los cortes formados por materiales de mala calidad se saturen con agua ocasionando derrumbes en los mismos. Es por esto que el uso de un adecuado sistema de drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de un camino, ya que un camino no siempre se puede ubicar por sitios en los que el suelo es estable y naturalmente drenado, ya que por necesidad de cumplir con el alineamiento el camino puede pasar por suelos variables.

Con las experiencias obtenidas a lo largo de la historia en el análisis y estudio de caminos en mal estado se puede ratificar que un drenaje inadecuado es el principal causante de los daños en este. Una de las normas a seguir para tener un buen sistema de drenaje es que cuando el camino debe seguir el curso de un valle o corriente de agua, las terracerías deberán quedar a una altura adecuada sobre el nivel de aguas máximas del rio o valle.

2.6. Tipos de drenaje.

Los sistemas de drenaje están divididos en drenaje superficial y drenaje subterráneo los cuales se definen a continuación.

2.6.1. Drenaje superficial.

El drenaje superficial se enfoca principalmente en reducir al mínimo el agua que ingresa en el camino, mediante la adecuada captación de la misma. Así como en desalojar rápidamente el agua que inevitablemente entre en dicho camino. Para logras estos propósitos son necesarias diferentes obras dedicadas a la captación y defensa como son cunetas, contra-cunetas, bombeo, lavaderos, alcantarillas, vados y puentes-vados.

2.6.1.1. Cunetas.

Estas no son más que zanjas que se construyen en ambos lados del camino teniendo como propósito recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino o de todo el camino en zona de curvas, así como el agua que escurre por los cortes y la que escurre de áreas adyacentes al camino.

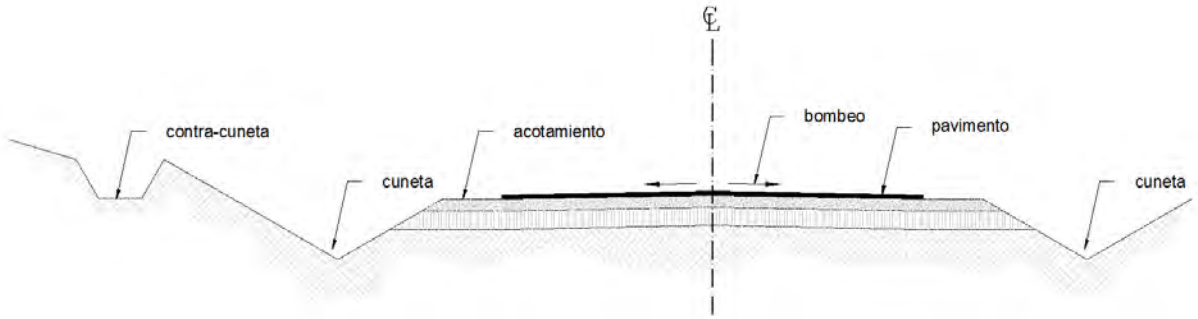


Fig. 5

Ya que el área que drenan las cunetas es relativamente pequeña generalmente estas son proyectadas para que den capacidad a grande aguaceros de entre 10 a 20 minutos de duración. Las cunetas se pueden proyectar considerando que estas tomaran un 80% del agua que cae en la mitad del ancho del derecho de vía, entonces las dimensiones, pendiente y demás características de las cunetas se determinan mediante el flujo que va a escurrir por ellas.

Dichas cunetas pueden ser de sección transversal triangular o trapecial y su diseño está basado en los principios del flujo en los canales abiertos. Cuando se tienen flujos uniformes, las relaciones básicas se indican con la fórmula de Manning la cual se expone a continuación.

$V = (1 / n) * (R^{2/3} * S^{1/2})$

Donde: V = velocidad promedio en metros por segundo

n = coeficiente de rugosidad de Manning

R = radio hidráulico en metros

S = pendiente del canal en metros por metro

La fórmula anterior se obtiene de la fórmula de Chezy para canales en régimen uniforme la cual es:

$V = C \sqrt{RS}$

Donde: $C = (1 / n) * R^{1/6}$ que fue propuesto por Manning.

Valores de coeficientes (n) según Manning	
Tipo de material	*valores de (n)*
Tierra común, nivelada y alisada	0.02
Roca lisa y uniforme	0.03
Roca con salientes y sinuosos	0.04
Lechos pedregosos y bordos enyerbados	0.03
Plantilla de tierra, taludes ásperos	0.03

Tabla 3.

Por otro lado se conoce que si: $Q = A * V$

Incluyendo el valor de V de Manning, se tiene:

$$Q = A (1 / n) * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde: Q = descarga en metros cúbicos por segundo

A = área de la sección transversal del flujo en metros cuadrados

2.6.1.2. Contra-cunetas.

Estas son zanjas que se construyen en lugares convenientes para evitar que lleguen cantidades de agua superiores a la cantidad con la cual fueron diseñadas las cunetas. Como se mencionó anteriormente ya que las cunetas están diseñadas solo para llevar el agua que escurre por el bombeo del camino y los taludes de los cortes, así como de pequeñas áreas adyacentes al camino. Entonces es necesario construir las contra-cunetas con el fin de recoger y encausar el agua que proviene de zonas más alejadas y que se dirige al camino, estas se deberán construirse transversales a la pendiente del terreno, las cuales reencausaran y alejaran el agua de los terraplenes y cortes.

2.6.1.3. Bombeo del camino.

Se conoce como bombeo de un camino a la forma de la sección transversal de este, la finalidad del bombeo es el desalojar el agua que cae sobre el hacia los lados del mismo. El tipo de bombeo que debe emplearse en un camino depende principalmente de la clase de superficie, facilidad de circulación de los vehículos y del aspecto mismo del camino, en México lo más usual es usar el 2% en caminos asfaltados y el 1.5% en caminos con carpeta de concreto hidráulico.

2.6.1.4. Lavaderos.

Estos son utilizados principalmente para hacer el desfogue de una corriente de agua, los cuales no son más que una cubierta o delantal de mampostería de piedra o concreto y tienen como objetivo encausar el agua de los tubos o de los terraplenes, además de conducir el agua hacia un lugar donde no se comprometa la estabilidad de los terraplenes o los taludes de los cortes donde el material es muy erosionable. En lugares donde el terreno es inclinado y se tiene que colocar un lavadero, se coloca a estos dentellones para evitar que se deslicen. En cuanto a las dimensiones, así como forma de los lavaderos y vertedores es a criterio de los ingenieros drenajistas.

2.6.1.5. Alcantarillas.

También conocidas como obras de cruce o drenaje transversal y tienen como objetivo dar un paso rápido al agua que tenga que cruzar de un lado al otro del camino, las alcantarillas están compuestas de dos partes, el cañón y los muros de cabeza, el primero forma el canal de la alcantarilla y por consiguiente es la parte

principal de la estructura, mientras que los últimos sirven para evitar la erosión alrededor del cañón, para guiar la corriente y para evitar que el terraplén tape el canal, claro que si se alarga el cañón puede omitirse la colocación de los muros de cabeza, las alcantarillas se dividen según la forma del cañón en: alcantarillas de tubo, de cajón, de bóveda y de losa.

2.6.1.6. Área hidráulica delas alcantarillas.

Para calcular el área hidráulica de una alcantarilla se debe permitir el paso del máximo caudal de agua, se tendrá que hacer de tal manera que no cause daños al camino o a la estructura misma. Existen cinco procedimientos para diseñar hidráulicamente una alcantarilla, los cuales son:

a) **Procedimiento por comparación.** Este se aplica solo en los casos en los que se trata de construir una nueva alcantarilla en donde ya existía alguna anteriormente.

b) **Procedimiento empírico.** Es usado principalmente cuando no hay o existió ninguna alcantarilla en el lugar, este método es bastante general y consiste en emplear algunas fórmulas empíricas para determinar el área hidráulica en función del área drenada así como de las características topográficas de la cuenca a drenar. Una de las fórmulas que se aplica es la de A.N. Talbot.

$a = 0.183 * C * \sqrt[4]{A^3}$

Donde: a = área hidráulica en metros cuadrados que tendrá la alcantarilla.

A = Superficie a drenar.

C = Coeficiente que vale:

C = 1.00 para terrenos montañosos y escarpados.

C = 0.80 para terrenos con mucho lomerío.

C = 0.60 para terrenos con lomerío.

C = 0.50 para terrenos muy ondulados.

C = 0.40 para terrenos poco ondulados.

C = 0.30 para terrenos casi planos.

C = 0.20 para terrenos planos.

c) **Procedimiento de sección y pendiente.** Consiste en determinar el gasto del cauce mediante secciones hidráulicas definidas así como de la pendiente del arroyo. Para esto hay que valerse de las huyas de las aguas máximas del sitio donde se construirá la alcantarilla, también habrá que definir la pendiente y sección del cauce en el cruce, de igual manera lo anterior deberá definirse en otras dos secciones en las cuales las márgenes sean altas y superen el nivel de aguas máximas.

d) **Procedimiento de la precipitación pluvial.** Este consta en proyectar la alcantarilla para que de paso a una cantidad de agua determinada por el probable escurrimiento del agua de lluvia. Las formulas empleadas para determinar el gasto, requieren el conocimiento de la precipitación pluvial, área a drenar, topografía y de qué clase de suelo está formada dicha área.

La fórmula que se utiliza para determinar el gasto máximo en áreas donde se presentan aguaceros es la de Buirkli-Ziegler.

$Q = 0.022 * C * I * A * \sqrt[4]{S/A}$

Donde: Q = gasto de la alcantarilla en metros cúbicos por segundo
A = número de hectáreas tributarias.
J = precipitación pluvial, en centímetros por hora, correspondientes al aguacero más intenso (de 10 minutos de duración total).
S = pendiente del terreno, en metros por kilómetro.

El coeficiente C se determinará dependiendo de la clase de terreno de la cuenca o área tributaria de la alcantarilla y puede tener los siguientes valores:

C = 0.75 para calles pavimentadas y distritos comerciales.
C = 0.30 para poblaciones con parques y calles con pavimentos asfálticos.
C = 0.25 para terrenos de cultivo.

e) **Procedimiento radical.** Este método básicamente consiste en aplicar la fórmula que indica que el gasto es equivalente a un porcentaje de la precipitación pluvial por el área tributaria, dicha fórmula es la siguiente:

$Q = 27.52 * C * I * A$

Donde: Q = Gasto en litros por segundo.
C = Coeficiente de escorrentía.
I = Intensidad de la precipitación, correspondiente al tiempo de concentración, en centímetros por hora.
A = Área a drenar en hectáreas.

Valores de C	
Pavimentos asfálticos	0.75 a 0.95
Pavimentos de concreto hidráulico	0.70 a 0.90
Suelos impermeables	0.40 a 0.65
Suelos ligeramente permeables	0.15 a 0.40
Suelos moderadamente permeables	0.05 a 0.20

Tabla 4.

2.6.1.7. Pendiente de la alcantarilla.

Se recomienda que la pendiente de una alcantarilla se igual que la pendiente del lecho de la corriente, ya que si la pendiente de esta es mayor el extremo de la misma se azolvara y por el contrario si la pendiente es menor que la del cauce el extremo superior es el que se obstruirá.

2.6.1.8. Tipos de alcantarillas.

Éstas se clasifican dependiendo de su forma y material y se clasifican de la siguiente manera:

a) **Alcantarillas de tubo.** Pueden ser de concreto reforzado, lamina corrugada, barro vitrificado, así como de fierro fundido.
b) **Alcantarillas de cajón.** Estas se elaboran de concreto reforzado, configuradas en forma sencilla o múltiple.
c) **Alcantarillas de bóveda.** Se pueden construir de concreto simple o de mampostería, de forma sencilla o múltiple
d) **Alcantarillas de losa.** Estas son construidas únicamente con concreto reforzado.

2.6.1.9. Longitud de la alcantarillas.

La longitud de éstas depende del ancho de la corona del camino, así como de la altura del terraplén, del talud que tenga el terraplén y del ángulo de esviajamiento. Entonces el caños de una alcantarilla deberá tener una longitud suficiente como para que no se obstruya en sus extremos con el material del terraplén que se deslave durante una tormenta.

2.6.1.10. Vados.

Éstos se pueden construir en lugares donde llueve poco y se ubican en hondonadas donde puede escurrir el agua en raras ocasiones, es por esto que no es necesario construir una alcantarilla, entonces se construye un vado, para elaborar el mismo solo se tiene que pavimentar el camino con concreto hidráulica de tal manera que no se deteriore con el paso esporádico de una corriente de agua.

2.6.1.11. Puente vado.

Los puentes vados son conocidos también como puentes bajos, los mismos están constituidos por una estructura en forma de puente y sirven para dar paso a un caudal de aguas máximas ordinarias y cuando se presente una avenida de aguas máximas extraordinarias esta pueda pasar sobre la estructura del puente vado.

2.6.2. Drenaje subterráneo.

Este tipo de drenaje es de suma importancia, de hecho es muy similar al drenaje superficial, puesto que las capas impermeables forman canales muy bien definidos, así como vasos de donde se almacena agua de manera muy similar a como sucede en la superficie del terreno.

La principal función del drenaje subterráneo es la de ofrecer ductos donde se pueda controlar el escurrimiento del agua rápidamente, es por esto que es de gran importancia ya que dé él depende en gran manera la seguridad y estabilidad de un camino; entre las obras de drenaje subterráneo más comunes se encuentran las zanjas, los drenes ciegos y los drenes de tubo.

2.6.2.1. Zanjas.

Estas se utilizan de forma paralela al camino ubicadas a unos cuantos metros del mismo y tienen como principal objetivo el no dejar que llegue el agua a la estructura del pavimento. Las zanjas son usualmente construidas con dimensiones de 0.60m de base y de 0.90m a 1.20m de altura.

2.6.2.1. Drenes ciegos.

Este tipo de drenes están constituidos por zanjas rellenas con piedras pequeñas o en dado caso con grava, estos de igual manera se colocan en forma paralela al eje del camino debajo de las. Los drenes ciegos deberán construirse con las siguientes dimensiones: 0.45m de ancho y de 0.60m a 0.90m de profundidad, con esto garantizaremos que su funcionamiento sea el adecuado.

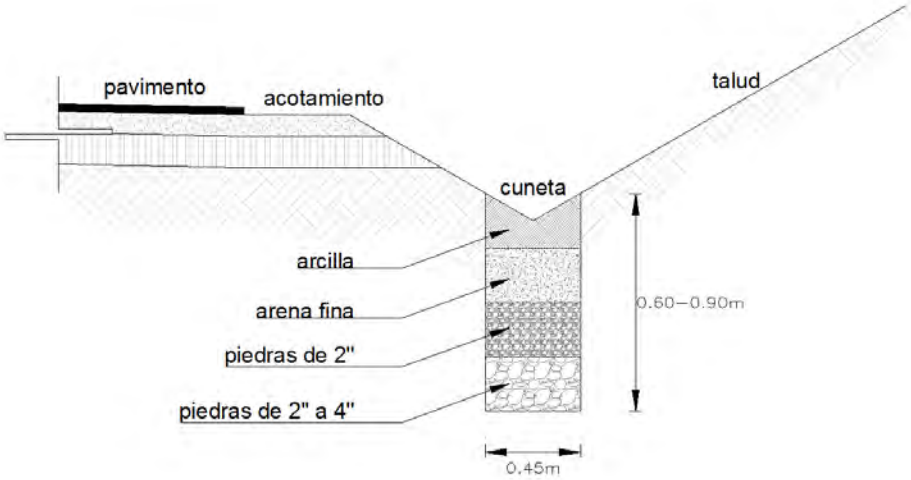


Fig. 7

2.6.2.1. Drenes de tubo.

Este tipo de drenes tiene mejor desempeño que los drenajes a base de zanjas abiertas o drenes ciegos, los tubos para subdrenaje deben de cumplir con ciertos requisitos para que funciones correctamente durante un periodo largo, dichos requisitos se refieren al aplastamiento, flexión, presión hidráulica, capacidad de infiltración y durabilidad.

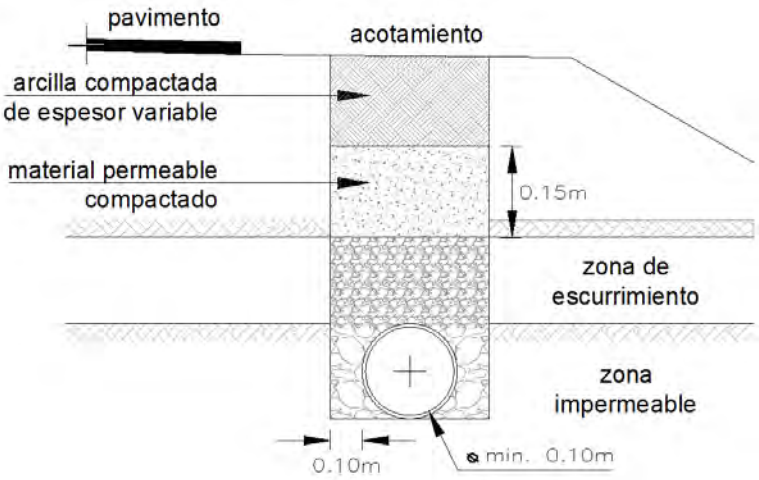


Fig. 8

2.6.2. Puentes.

Se conoce como puente a toda aquella estructura que se utiliza para salvar una depresión en el terreno, un río o cualquier otra vía de comunicación. Dichas estructuras pueden ser de madera, mampostería de piedra o ladrillo, concreto, acero estructural, etcétera.

Se puede mencionar que existen puentes naturales y los hechos por el hombre. Entre los naturales se encuentran por ejemplo los creados por árboles caídos. El hombre a través de los años ha creado diferentes técnicas, Desde los romanos con sus puentes de madera y arcos de mampostería hasta los puentes colgantes de los chinos.

2.6.2.1. Estudios previos.

Es necesario para cualquier puente los estudios de campo para lograr un buen proyecto. Estos estudios se pueden dividir en cuatro grandes grupos: estudios topográficos, estudios hidráulicos, estudios geológicos y estudios comerciales.

a) **Estudios topográficos.** Este estudio arroja en sus resultados diversos datos necesarios para el proyecto, como son: relieve del terreno, origen del kilometraje, eje del camino, curvas de nivel, dirección del cauce, ángulo que forma el camino con el eje de la corriente, localización de la obra, importe de las indemnizaciones que se harían para realizar la obra, etcétera.

b) **Estudios hidráulicos.** Entre los datos más relevantes que se pueden mencionar que se obtiene de este estudio son: las secciones del cauce, el

nivel de aguas mínimas (NAMIN), el nivel de aguas máximas ordinarias (NAMO), el nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME), la pendiente del fondo del cauce, coeficiente de rugosidad del cauce, velocidad superficial, si la corriente deposita o socava, claro mínimo de los claros, espacio vertical libre para el paso de los cuerpos flotantes, etcétera.

c) **Estudios geológicos.** Los datos que aporta este estudio son las características generales de los materiales que forman el fondo y las márgenes de la corriente, cortes geológicos, niveles del subsuelo y nivel de las aguas freáticas, muestras alteradas e inalteradas, cargas admisibles de cada estrato, entre otros.

d) **Estudios comerciales.** Este estudio aporta datos muy importantes para la elaboración de un buen proyecto del puente. Los datos son: jornales medios en la región, precios unitarios de los distintos materiales y localización de los mismos en el lugar de la obra, cubicación de los diferentes bancos de materiales, vía más próxima de comunicación, clima dominante en la región, enfermedades de la región, etcétera.

Adicional a los estudios ya mencionados, es importante crear un informe con datos adicionales del lugar con fotografías.

2.6.2.2. Elementos que constituyen un puente.

Es importante mencionar que un puente es una estructura que consta de más de seis metros de largo y que no cuentan con un colchón de tierra sobre ellas. La estructura de un puente está formada por tres partes principalmente, estas son: la superestructura, la subestructura y la infraestructura.

Dentro de la superestructura se puede mencionar que puede estar conformada de diversas maneras, por ejemplo, de piso de madera sobre largueros de madera, losa de concreto sobre vigas de concreto armado o sobre trabes de acero estructural, pueden ser de arcos de mampostería o de concreto, arcos metálicos, armaduras de fierro, colgantes, basculantes, etcétera.

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN.

En este capítulo se abordará todo lo relacionado con la ubicación del tramo carretero en estudio, así como la localización puntual de las alcantarillas y de más sistemas de drenajes.

3.1. Generalidades.

El tramo carretero en estudio está delimitado por el kilómetro 4+000 al 5+500, que comunica las comunidades de Caurio de Guadalupe – Purépero, dichas comunidades se encuentran ubicadas dentro del estado de Michoacán.

3.2 Resumen ejecutivo.

Después de reconocer físicamente el tramo correspondiente a esta investigación, se realizó la recopilación de datos necesarios para poder ofrecer una crítica objetiva, se tomó nota de las estructuras que ya están construidas así como del entorno geográfico del lugar. De igual forma se realizó un pequeño aforo vehicular y con este se obtuvieron los valores reales de tránsito en dicho camino. En el tramo carretero que va del km 4+000 al 5+500 de Caurio de Guadalupe – Purépero, se localizaron físicamente 5 alcantarillas, de las cuales dos son alcantarillas de losa, y las tres restantes son alcantarillas formadas con tubos de concreto de 120 cm. de diámetro interno. Se localizaron tres lavaderos, estos no presentan daños en su estructura. Las alcantarillas parecen ser de sección adecuada ya que el nivel aguas máximas registrado con las huellas del arrastre y

humead dejadas por el agua se encuentran en aproximadamente un 60% de la capacidad total de las mismas, ya que son riachuelos de temporada de lluvia, los que cruzan por dichas alcantarillas, así como el agua captada sobre la carpeta asfáltica, esta es conducida por las cunetas construidas a la orilla del camino. Todos estos sistemas de drenaje que se mencionaron, se analizaran en la fase de cálculos así como sus dimensiones y características principales, para poder afirmar o denegar lo anteriormente mencionado.

Con la visita al lugar de estudio y después de haber recorrido y observado el estado en que se en cuentan los mencionados sistemas de drenaje se recomienda tener un mejor mantenimiento sobre los mismos ya que las alcantarillas localizadas en el tramo correspondiente a esta investigación tienen aproximadamente un 7% de asolvamiento con respecto a la capacidad total de las mismas, ya que con el adecuado mantenimiento estas seguirán funcionando correctamente, con respecto a las cunetas ubicadas a la orilla del camino, tenían gran cantidad de vegetación obstruyéndolas y por consecuencia no están teniendo el mejor desempeño para el cual fueron diseñadas.

3.3 Entorno geográfico.

El presente estudio está realizado en el estado de Michoacán, el cual se localiza en la región Centro–Occidente entre los paralelos 20° 23’ 44’’ de latitud norte, y los meridianos 100° 04’ 48’’, 103° 44’ 20’’ de longitud oeste, el cual Colinda con los estados de Colima y Jalisco al noroeste, al norte con Guanajuato y Querétaro, al este con México, al sureste con el estado de Guerrero y al suroeste con

el Océano Pacífico. La extensión territorial del estado de Michoacán es de 58,585 km2 que representa el 3 % de territorio Mexicano. El estado de Michoacán tiene como capital la ciudad de Morelia.

Fig.9

La localidad de Purépero está localizada al noreste del Estado de Michoacán en las siguientes coordenadas: 19° 54’ de latitud noreste, 102° 00’ de longitud Oeste y se encuentra a una altura de 2,020 metros sobre el nivel del mar. Dicha localidad es colinda al Norte con Tlazazalca, al Este con Zacapu, al Sur con Chilchota y al Este con Tangancícuaro.

Estando la capital del estado a una distancia de 113 kilómetros respecto a esta localidad, su relieve está constituido por el sistema volcánico transversal, el cual lo conforma la sierra de Purépero, que a su vez está constituida por los cerros del cobre de la Alberca y los Pérez.

Fig.10

La hidrografía de Purépero está constituida por los arroyos de Tlazazalca, así como los manantiales de agua fría de la Alberca y las Lajas, el clima de esta localidad, es templado con lluvias en verano y su precipitación pluvial anual de 1,400 milímetros, mientras que la temperatura es un poco drástica ya que oscila desde los 6° - 45 °C.

Su ecosistema está constituido por los bosques mixtos en los cuales varias especies de árboles de los cuales en su mayoría son pinos y encinos, mientras que la fauna está conformada por animales tales como: armadillos, cacomixtle, zorrillo, coyote y liebres.

Fig. 11

Entre principales vías de comunicación se encuentran la carretera Morelia – Zacapu–Carapan–Purépero. Además se encuentra a 23 kilómetros de la Autopista de Occidente México–Guadalajara. Además cuenta con la mayoría de los servicios de telefonía domiciliar y celular, entre otros servicios de comunicación.

En este municipio tienen como principal actividad económica la industria ya que cuentan con siete fábricas de calzado de diferentes características, también cuentan con tres fábricas enfocadas al procesamiento de productos lácteos y alimentos balanceados, así como pequeñas fábricas de dedicadas a los textiles y fabricación de muebles de madera. Por otra parte la agricultura y ganadería tienen un papel mucho más discreto en la economía de este municipio ya que es muy poco lo

que se cultiva, entre estos pocos productos se encuentran principalmente, el maíz, tomate, frijol, repollo, alfalfa, avena y trigo; Aunque ya existen algunas huertas de aguacate. Mientras que la ganadería en el lugar consta de ganado porcino, bovino, caprino, ovino, caballar y algunas aves de corral.

3.4. Informe fotográfico.

En el siguiente reporte topográfico se mostrara el entorno y las condiciones reales en que se encuentra el tramo carretero en estudio, así como las características físicas y estructurales con las que cuentan los sistemas de drenaje empleados en dicho tramo.

Imagen 1. Como se puede observar en esta alcantarilla de losa hay vegetación obstruyendo la boca de la misma.

Imagen 2. Vista interior de una alcantarilla de losa en la cual se pueden observar asolvamientos.

Imagen 3. Vista aguas abajo de una alcantarilla de losa en la cual se pueden observar dichos asolvamientos.

Imagen 4. Alcantarilla de tubo la cual muestra asolvamiento.

Imagen 5. Alcantarilla de tubo en la cual se pueden observar de igual manera asolvamientos, así como el nivel de agua máxima que alcanza.

Imagen 6. Vista interior de una alcantarilla de tubo en la cual se pueden observar dichos asolvamientos.

Imagen 7. Vista de alcantarilla de tubo en la cual se observan de igual manera los lavaderos ubicados en la misma

Imagen 8. Vista superior de los lavaderos ubicados en una Alcantarilla de tubo.

Imagen 9. Vista de una cuneta en la cual se puede ver la vegetación que obstruye el flujo del agua.

3. 4 Estudios de tránsito.

El tránsito en un camino es de vital importancia debido a que si no se establece un estudio de tránsito confiable se tendrán problemas a futuro como lo es el congestionamiento en dicho camino.

El tramo carretero Caurio de Guadalupe – Purépero es de tipo C, es por esto que el camino tiene poco tránsito, con el aforo vehicular realizado se observó que tipo de vehículos circulan por este, los cuales se describen a continuación: automóviles (tipo AP), camionetas (tipo AC) y camiones de carga (tipo C2 y C3).

El conteo de vehículos se realizo durante aproximadamente una hora, registrando un total de 32 vehiculos.

- Las camionetas del tipo AC son las mas cumunes, en los dos sentidos se rejistraron un total de 23 vehículos, corespondiente al 71.86 %.
- Los vehículos del tipo AP son los que le siguen en volumen, registrandose un total de 6 vehículos, corespondiente al 18.76 %.
- Los camiones del tipo C2, son poco comunes, registrandose un total de 2 vehículos, corespondiente al 6.25 %.
- Los camiones del tipo C3, al igual que los anteriores son poco comunes, registrandose un total de 1 vehículo, corespondiente al 3.13 %.

Como se puede observar en el conteo anterior los vehículos de tipo AP y AC, son los que tienen mayor circulación por este camino puesto que como se mencionó anteriormente los habitantes de las localidades aledañas a la población de Purépero usan dicho camino principalmente para desplazarse a sus trabajos en las industrias ubicadas en esta población, mientras que los camiones del tipo C2 y C3 transitan muy poco debido a que estos circulan mayormente en tiempo de cosechas para trasladar los productos del campo.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En este capítulo se conocerán los métodos, instrumentos, y los procesos de investigación utilizados para la realizar la revisión del drenaje del tramo carretero mencionado anteriormente.

4.1. Método empleado.

El método que se utilizara en esta investigación es el método científico, este se caracteriza por ser el procedimiento que descubre las condiciones en que se presenta un suceso en específico. Otras de las peculiaridades del método es que es tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y de observación empírica. Es por esto que se considera que el método científico no es más que la aplicación de la lógica a los hechos o realidades observadas.

Se ha determinado que los principales elementos del método científico son: los conceptos y la hipótesis, esto debido a que son de carácter sistemático.

"Los conceptos son construcciones lógicas creadas a partir de impresiones de los sentidos o de percepciones y experiencias. Es un error considerar que los conceptos existen realmente como fenómenos. El concepto no es el fenómeno en sí. Los conceptos, como los hechos, son abstracciones y tienen significado dentro de un marco de referencia, dentro de un sistema teórico." (Tamayo y Tamayo; 2000: 38).

Las hipótesis por otra parte nos indican lo que realmente estamos buscando, debido a que son, una proposición que puede ser puesta a prueba con el fin de determinar su validez.

Otro de los aspectos importantes de una hipótesis es que siempre conducen hacia una prueba empírica, se concluye diciendo que las hipótesis deben de ser conceptualmente claras, contar con ciertos referentes empíricos, ser específicas y por ultimo deben de estar relacionadas con técnicas disponibles.

La inducción y la reflexión son factores que se conjugan en el método científico para llegar a un pensamiento reflexivo, el cual consta de cinco etapas para poder resolver un problema: percepción de una dificultad, identificar y definir la dificultad, proponer soluciones o hipótesis para el problema, deducir las consecuencias de las soluciones propuestas, verificarlas hipótesis mediante la acción.

Entre las principales características del método científico se encuentran, que es fáctico, trasciende los hechos, consta de una verificación empírica, es autocorrectivo, tiene formulaciones de tipo general y es objetivo.

4.1.1. Método matemático.

El método matemático es tan comúnmente utilizado, sin siquiera darse cuenta, ya que es uno de las primeras nociones conceptuales que capta el ser humano, lo aplicamos comparando cantidades para obtener nociones derivadas, de importancia, valor económico y capacidad.

La aplicación del método matemático se puede ver en la vida diaria por ejemplo: en la dosificación de los compuestos de los medicamentos, en la distribución fiscal de los impuestos o en las tareas para aumentar o disminuir problemas y bienes de consumo.

4.2. Enfoque de la investigación.

Existen dos tipos de enfoques que se le puede dar a una investigación, cualitativo, cuantitativo o mixto, dicha investigación se dará con un enfoque cuantitativo, ya que ofrece la posibilidad de generalizar los resultados de manera más amplia, brindando también la posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de cualquier problema. Además de la facilidad que otorga para comparar puntos en específico de estudios similares.

Los métodos cuantitativos son los más usados por las ciencias como: la física, química y biología, es por ende el método más apropiado para dicha investigación.

4.2.1. Alcance.

Los alcances de estudio en una investigación son: exploratorio, correlaciones y descriptivo, este último será el utilizado, ya que los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, características así como los perfiles más importantes de personas o grupos, o cualquier fenómeno en estudio.

En un estudio descriptivo se seleccionan una serie de sucesos, los cuales se miden o se recolecta información de cada uno ellos, teniendo como fin el determinar o describir lo que se investiga.

Es decir se busca especificar los fenómenos, características y sucesos importantes de cualquier fenómeno involucrado en una investigación.

4.3. Diseño de la investigación.

Existen dos tipos de diseño en una investigación, el experimental y el no experimental, este último se puede clasificar por su dimensión temporal o el número de momentos o puntos en el tiempo, en los cuales se recolectan datos.

"En algunas ocasiones la investigación se centra en: a) analizar cuál es el nivel, estado o la presencia de una o diversas variables en un momento dado; b) evaluar una situación, comunidad, evento, fenómeno o contexto en un punto del tiempo, y c) determinar o ubicar cual es la relación entre un conjunto de variables en un momento. En estos casos el diseño apropiado (bajo un diseño no experimental) es el transversal o transeccional. Ya sea que su enfoque sea cuantitativo, cualitativo o mixto; y su alcance inicial o final sea exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo." (Hernández Sampieri; 2005: 270).

4.3.1. Investigación transeccional o transversal.

Estos diseños recolectan datos en un solo momento, solo en un tiempo determinado y tiene como propósito determinar variables y analizar la incidencia que tiene en un momento dado, o describir comunidades, eventos, fenómenos o contextos. Es como tomar una fotografía de algo en un momento dado, capturando solo que sucede o existe en ese lugar o suceso en especial.

Los diseños transeccionales se dividen en: exploratorios, descriptivos y correlaciónales casuales. Los descriptivos tienen como objetivo indagar la incidencia y los valores en los que se manifiestan una o más variables.

Este procedimiento consiste en medir un grupo de personas, objetos, situaciones o fenómenos en una variable o concepto, y con esto proporcionar su descripción. Como consecuencia estos estudios son puramente descriptivos y cuando establecen hipótesis, estas también son descriptivas.

Los estudios transeccionales descriptivos nos presentan un panorama más claro del estado de una o más variables en uno o varios grupos de objetos o personas en un determinado momento, así como un panorama de una comunidad, un contexto, situación o fenómeno en un punto en el tiempo.

4.4. Instrumentos de recopilación de datos.

En esta investigación se utilizaron diversos instrumentos para la recopilación y posterior conformación de la misma, los cuales se mencionan a continuación:

- Observación
- Auto CAD
- Civil CAD
- Microsoft Office Excel
- Microsoft Office Word
- Investigación de campo

4.5. Descripción del procedimiento de investigación.

El procedimiento realizado en esta investigación consta de lo siguiente: primeramente se identificó el tramo que se deseaba estudiar, una vez identificado el lugar, se hiso un análisis visual y se recopilaron los datos importantes como son la ubicación de los sistemas y obras de drenajes existentes, así como la medición de las mismas, para posteriormente proseguir con la obtención de datos, los cuales se recopilaron con dependencias de gobierno y particulares. Una vez que se obtuvo una captación de datos satisfactoria sobre el tramo en estudio.

Con todos los datos de campo necesarios para realizar los cálculos correspondientes, se procedió a realizar el análisis para determinar si son o no adecuados los sistemas de drenaje que se encontraron físicamente en el tramo carretero ya mencionado, y con esto dar respuesta a la pregunta, si realmente el sistema de drenaje existente en el tramo carretero Caurio de Guadalupe – Purépero del km. 4+000 al 5+500, es el idóneo, además de poder dar una recomendación en el caso de ser necesaria.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los cálculos que se presentan en este capítulo sirven para definir las características geométricas, estructurales y de servicio de las distintas obras de drenaje ubicadas en el tramo en estudio.

5.1. Diseño de cunetas.

Se revisará primero la cuneta tipo por medio del método de Manning, esto con el fin de conocer el gasto que la cuneta tipo es capaz de desalojar en cada uno de los tramos requeridos. En la siguiente figura se establecen las dimensiones y características con las cuales cuenta una cuneta tipo.

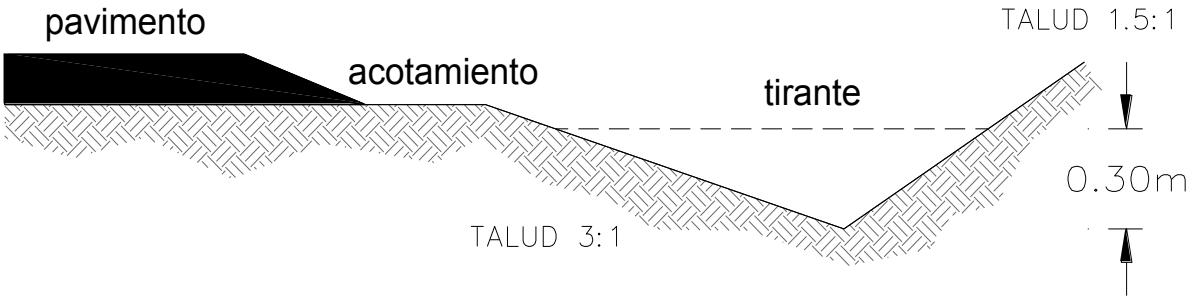


Fig. 12

TRAMO		LADO		LONGITUD (m)	SECCION TIPO (m^2)	PERIMETRO MOJADO	RADIO HIDRAULICO
DE km	A km	IZQ	DER				
4+380	4+410		*	30	0.12	1.12	0.1071
4+380	4+410	*		30	0.12	1.12	0.1071
4+490	4+620	*		130	0.12	1.12	0.1071
4+540	4+620		*	80	0.12	1.12	0.1071
4+769	4+797	*		28	0.12	1.12	0.1071
4+940	4+962	*		22	0.12	1.12	0.1071
4+940	5+022		*	82	0.12	1.12	0.1071
5+416	5+440		*	24	0.12	1.12	0.1071

TRAMO		PENDIENTE	GASTO (m^3/seg)
DE km	A km		
4+380	4+410	0.0400	0.1805
4+380	4+410	0.0400	0.1805
4+490	4+620	0.0620	0.2247
4+540	4+620	0.0960	0.2796
4+769	4+797	0.0042	0.0585
4+940	4+962	0.0100	0.0902
4+940	5+022	0.0110	0.0946
5+416	5+440	0.0083	0.0822

Ya que el área por drenar de las cunetas es pequeña se consideró revisar éstas para que cumplan una capacidad de un aguacero de 5 minutos en un periodo de retorno de 25 años. El dato obtenido de acuerdo a los registros publicados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través de su página de internet para la zona de estudio es igual a 150 mm/hr.

Con el fin de que las cunetas se conserven en buen estado es necesario que la velocidad del agua que escurre por estas no rebase el valor de 7 m/seg suponiéndose que las mismas están construidas de concreto. Los resultados obtenidos por medio de las fórmulas de Manning para el gasto y la velocidad se muestran en la tabla siguiente.

TRAMO		LADO		LONGITUD m	SECCION m^2	AREA DE INFLUENCIA
DE km	A km	IZQ	DER			
4+380	4+410		*	30	0.12	165.00
4+380	4+410	*		30	0.12	165.00
4+490	4+620	*		130	0.12	715.00
4+540	4+620		*	80	0.12	440.00
4+769	4+797	*		28	0.12	154.00
4+940	4+962	*		22	0.12	121.00
4+940	5+022		*	82	0.12	451.00
5+416	5+440		*	24	0.12	132.00

TRAMO		GASTO REAL EN m^3/seg	VELOCIDAD m/seg	CONDICIÓN
DE km	A km			
4+380	4+410	0.01	0.06	CUMPLE
4+380	4+410	0.01	0.06	CUMPLE
4+490	4+620	0.03	0.25	CUMPLE
4+540	4+620	0.02	0.15	CUMPLE
4+769	4+797	0.01	0.05	CUMPLE
4+940	4+962	0.01	0.04	CUMPLE
4+940	5+022	0.02	0.16	CUMPLE
5+416	5+440	0.01	0.05	CUMPLE

5.2. Diseño de alcantarillas.

Para determinar el área de las micro cuencas que aportan el gasto a cada una de las alcantarillas fue necesario utilizar la carta topográfica en la que se encontraba el tramo carretero. De la carta topográfica elaborada por el INEGI, E14A11 y con ayuda de un programa grafico CAD se delimitaron cada una de dichas micro cuencas y se obtuvo cada una de las áreas.

No.	km.	Area m^2
1	04+040	160,471.09
2	04+200	189,324.05
3	04+680	113,065.51
4	04+840	102,915.59
5	05+230	89,822.80

Con los datos obtenidos anteriormente se procede a determinar el gasto que desalojará la alcantarilla para una precipitación máxima de 10 minutos en un periodo de retorno de 25 años. De los datos emitidos por SCT se obtiene una precipitación máxima de 100 mm/hr y se hace la revisión de acuerdo al formula de Manning para obtener el diámetro de la tubería, considerando que ésta es tubería de concreto reforzado.

No.	km.	Area m^2	PRECIPITACION mm/hr	GASTO EN m^3/seg	PENDIENTE DE LA CUENCA	DIAMETRO DE TUBERIA MANNING (m)	DIAMETRO ORIGINAL DE PROYECTO (m)	ESTATUS
1	04+040	160,471.09	100	4.4575	0.081	0.7386	1.2	SUFICIENTE
2	04+200	189,324.05	100	5.2590	0.165	0.6877	1.2	SUFICIENTE
3	04+680	113,065.51	100	3.1407	0.053	0.7014	1.2	SUFICIENTE
4	04+840	102,915.59	100	2.8588	0.049	0.6871		
5	05+230	89,822.80	100	2.4951	0.088	0.5850		

Todas las alcantarillas que en proyecto están consideradas con tubería de 1.20 m de diámetro cumplen perfectamente para desalojar el gasto requerido.

La alcantarilla ubicada en el kilómetro 04+840, así como la que se ubica en el kilómetro 05+230 están consideradas en proyecto con una geometría cuadrada por lo cual se revisará su área requerida por medio de la fórmula de Talbot.

No.	km.	Area m^2	PRECIPITACION mm/hr	GASTO EN m^3/seg	AREA DE LA ALCANTARILLA TALBOT	SECCION PROPUESTA	DIMENSIONES DE PROYECTO (m)	ESTATUS
4	04+840	102,915.59	100	2.8588	0.9474	CUADRADA	1 X 1	SUFICIENTE
5	05+230	89,822.80	100	2.4951	0.8555	CUADRADA	1 X 1	SUFICIENTE

Se observa que ambas alcantarillas cumplen con el área requerida para desalojar el gasto.

Ya que se obtuvieron las dimensiones de las alcantarillas se procede a calcular el esfuerzo del vehículo de proyecto, el colchón de tierra sobre dichas alcantarillas y la revisión del esfuerzo sobre las obras, considerando de acuerdo con el aforo realizado un vehículo de proyecto tipo C3, camión de tres ejes, 10 neumáticos y un peso bruto vehicular de 20 toneladas (NOM-012-SCT-2008).

No.	km.	h= r (m)	W (kg)	P=0.4W (kg)	AREA DE ESFUERZO (m^2)	ESFUERZO S=P/A (kg/m^2)	ESFUERZO S=P/A (ton/m^2)
1	04+040	0.95	20000	8000	2.835294	2821.576881	2.821576881
2	04+200	1.25	20000	8000	4.90875	1629.742806	1.629742806
3	04+680	1.1	20000	8000	3.801336	2104.523252	2.104523252
4	04+840	0	20000	8000			
5	05+230	0	20000	8000			

Comparando los valores obtenidos contra los valores permisibles de la tubería de concreto reforzado, se obtienen los valores del espesor del colchón de tierra equivalentes por el esfuerzo de la carga viva o vehículo de operación.

No.	km.	h'=S/γ (m)	d=h+h' (m)	S PREMISIBLE CONCRETO (ton/m2)	CONDICION DE OPERACIÓN
1	04+040	2.0154	2.9654	6.22	[ACEPTABLE]
2	04+200	1.1641	2.4141	6.22	[ACEPTABLE]
3	04+680	1.5032	2.6032	6.22	[ACEPTABLE]
4	04+840				
5	05+230				

Para la alcantarilla ubicada en el tramo 04+840 y 05+230 se elabora el cálculo de la losa y muros de contención. Primero se hace el análisis de cargas que actúan sobre la losa.

ANALISIS DE CARGA

CARGAS MUERTAS

MATERIAL	ESPESOR	PESO VOL	PESO TOTAL
ASFALTO	0.12	2.1	0.252
RELLENO	0	1.6	0
LOSA	0.18	2.4	0.432
		CM=	0.684 t/m²

CARGAS DE SERVICIO

Para cargas permanentes

CM = 0.684

Cadic = 0.15

CV = 3.75

W = 4.584 t/m

DATOS

f'c =	250	kg/cm²
fy =	4200	kg/cm²
L =	1	m
b =	100	cm
h =	18	cm
recubrimiento =	5	cm
d =	13	cm
w =	4.584	ton/m
V = wL/2	0.02292	kg
Mmax (+) = wL²/8	0.5730	kg-cm

CONSTANTES DE DISEÑO

*f*c* =	200	kg/cm²
f"c =	170	kr/cm²
Zona sísmica (si = 1, no = 0) =	1	
b1 =	0.85	
FR (FLEXIÓN) =	0.9	
FR (CORTANTE) =	0.8	
FC =	1.4	
rb =	0.020238	
rmax =	0.015179	
rmin =	0.002635	

DISEÑO POR FLEXIÓN

Para momento positivo

Mu (+) = 0.80 kg-cm

$$\rho = \frac{f''c}{fy}\left[1-\sqrt{1-\frac{2Mu}{F_R bd^2 f''c}}\right]$$

r calc = 0.0000

ρ<ρmin, se usará Asmin

r diseño = 0.00264

$$As = \rho bd$$

As req = 3.43 cm²

Número de barras

#	ao (cm²)	N° de Barras	As (cm²)
3	0.71	5	3.55
4	1.27		
5	1.98		
6	2.85		
7	3.88		
8	5.07		
9	6.41		
10	7.92		
12	11.4		
	As =	**3.55**	cm²

> As req

rreal = 0.0027

Separacion de barras

Barra #3 S = (100 ao)/As = 20.0000

Separacion maxima

Smax ≤ 3h = 54 cm

Smax ≤ 30 cm

Acero por temperatura

asi = (660 h)/(fy(h+100)) = 0.02397094 cm²/cm²

asi = 2.39709 cm²/ franja de 1 metro

como esta en contacto directo con el terreno el refuerzo no debe ser menor que:

1.5asi = 3.59564165 cm²/ franja de 1 metro

Número de barras

#	ao (cm²)	N° de Barras	As (cm²)
3	0.71	6	4.26
4	1.27		
5	1.98		
6	2.85		
7	3.88		
8	5.07		
9	6.41		
10	7.92		
12	11.4		
	As =	**4.26**	cm²

> As req

rreal = 0.0033

Separacion de barras

Barra #4 S = (100 ao)/As = 16.6667

Separacion maxima

Smax ≤ 3h = 54 cm

Smax ≤ 30 cm

DISEÑO POR CORTANTE

Vu = 0.03 kg

$$Si\ \rho < 0.015 \rightarrow V_{CR} = F_R bd(0.2 + 20\rho)\sqrt{f*c}$$

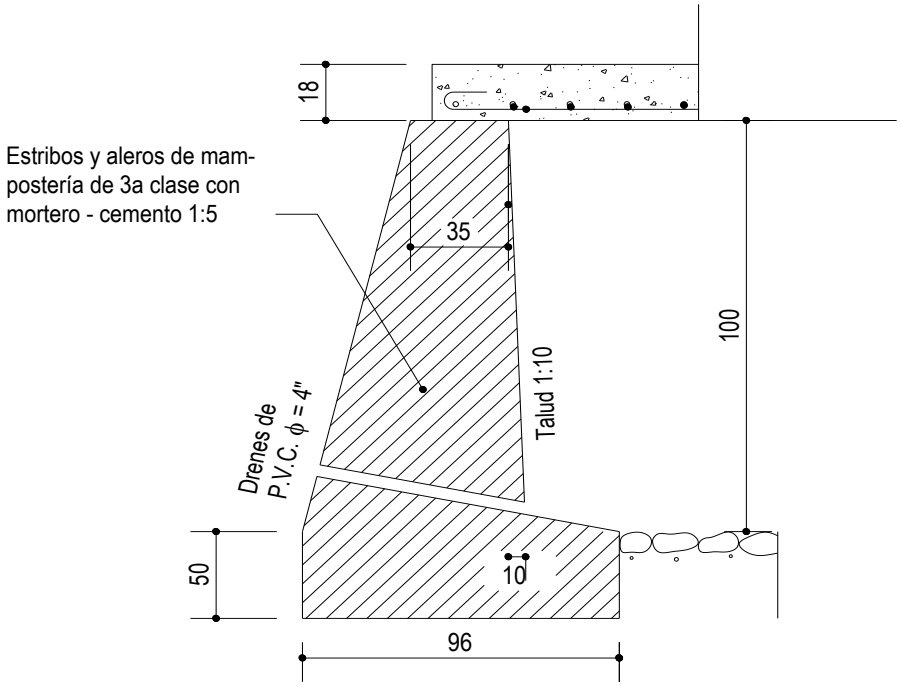
$$Si\ \rho \geq 0.015 \rightarrow V_{CR} = 0.5 F_R bd\sqrt{f*c}$$

Vcr = 4681.05 kg

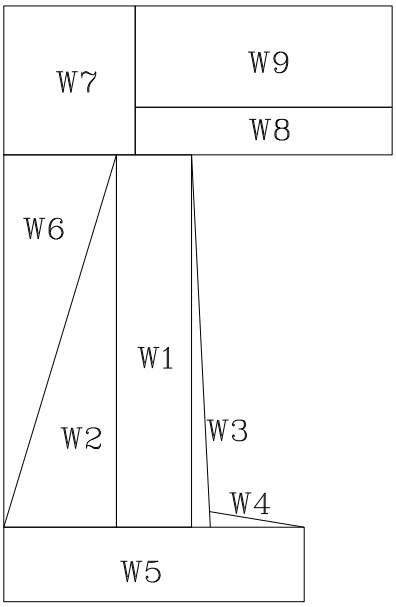
Vu < Vcr no requiere refuerzo por tension diagonal

Las losas cumplen con todos los aspectos de diseños y son aceptables a utilizar en ambas alcantarillas.

Revisando el muro de contención de proyecto.



MEDIO-CORTE
NORMAL



SUBDIVISIÓN DE CARGAS

DATOS DE PROYECTO:

γ =	1.8	ton/m^3
φ =	36	°
q =	27	ton/m^2
AREA DE LA BASE =	0.96	m²/m
SUELO TIPO =	2	
H =	1.68	m
H1 =	0	m

	peso (ton)	brazo (m)	momento (ton-m)
w1 =	0.945	0.425	0.401625
w2 =	0.324	0.72	0.23328
w3 =	0.09	0.18	0.0162
w4 =	0	0.17	0
w5 =	0.864	0.48	0.41472
w6 =	0.234	0.84	0.19656
w7 =	0.1102	0.705	0.077691
w8 =	0.3024	0.1	0.03024
w9 =	0	0	0
	2.8696		1.370316

De acuerdo al método semiempirico de terzhagi

$EH = ½ KH H^2$

KH =	600	kg			
EH =	846.72	kg			
H/3 =	0.56	m	Cimiento =	0.5	m
BRAZO =	1.06	m			
MACT =	0.8975232				

Revisión por volteo.

FS = MR / MACT =	1.5268	>	1.5	cumple por volteo

Revisión por deslizamiento.

γ = P/A =	2.9892	ton/m³
F = B γ (tan(⅔φ)) =	1.2776	

FS = F / EH =	1.5089	>	1.5	cumple por deslizamiento

Revisión por capacidad de carga.

ℓ =(M/V) - (B/2) =	-0.3152			
f1 = (V/B)(1+(6ℓ/B) =	-2.9003	ton	<	cumple por capacidad de carga
			q = 27	ton
f2 = (V/B)(1-(6ℓ/B) =	8.8786	ton	<	cumple por capacidad de carga

Los muros de mampostería no tienen problemas para las cargas que actúan sobre ellos, por lo cual se consideran aceptables a utilizar en el tramo.

5.3. Bombeo del camino.

Para que un camino de carpeta asfáltica cumpla con el bombeo, es necesario que en las tangentes cumplan como mínimo con el 2% del centro hacia los hombros del camino, esta revisión se puede apreciar en el plano de secciones que se presenta en los anexos (Anexo 03, 04, 05).

5.4. Análisis de resultados.

El análisis de resultados arrojó que todas las obras de drenaje (alcantarillas de tubo) cumplen con el diámetro necesario para evacuar el gasto máximo. De igual manera los resultados obtenidos para las alcantarillas de losa, cumplen con el área requerida para desalojar el gasto. Por lo que no es necesario hacer una nueva propuesta de dichas alcantarillas.

Las dos losas en las alcantarillas cuadradas son aceptables en el diseño por cortante, así también los muros de contención cumplen con los requerimientos referentes a volteo, deslizamiento y capacidad de carga. Por consiguiente se puede afirmar que todas las alcantarillas utilizadas en este tramo carretero son las adecuadas para el mismo.

CONCLUSIÓN

Un sistema de drenaje se conforma de varios elementos como son: cunetas, contra-cunetas, bombeo, lavaderos, alcantarillas, vados, puentes-vados, puentes, zanjas, drenes ciegos, drenes de tubo, etc. Este tipo de obras son utilizadas para reducir al máximo posible la cantidad de agua que por un motivo u otro ha llegado a el camino, así como para desalojar dicha agua en el menor tiempo posible y con esto evitar daños graves sobre la carpeta asfáltica como son baches, reblandecimiento de las terracerías originando asentamientos perjudiciales en la misma.

Además, con el correcto desalojo del agua de la carretera se logra reducir un gran número de accidentes vehiculares, provocados por falta de adherencia del vehículo con la carpeta asfáltica, y no menos importante es el beneficio económico que se tiene al reducir gastos por reparación y mantenimientos en la estructura.

Para determinar y estructurar un correcto sistema de drenaje es necesario realizar un estudio adecuado de los aspectos hidrológicos, geológicos y topográficos que intervienen en el tramo carretero. Dicho estudio nos arrojara los datos de precipitaciones, escurrimientos y velocidades en la zona de estudio. Estos datos nos permitirán diseñar y ubicar todas las obras de drenaje necesarias para desalojar el agua del camino en tiempo y forma.

Con el análisis elaborado anteriormente, se puede observar que el sistema de drenaje utilizado en el tramo carretero Caurio de Guadalupe – Purépero cumple en todos los aspectos y parámetros de diseño necesarios. Es con esto que se puede concluir que todos los elementos que conforman el sistema de drenaje ubicado en el tramo de estudio son los adecuados para el mismo.

BIBLIOGRAFÍA

Aparicio Mijares, Francisco Javier. (1989).

Fundamentos de Hidrología de Superficie.

Ed. Limusa. México.

Arias Rivera Carlos. (1984).

Cuaderno de Trabajo de Comportamientos de suelos.

Ed. Universidad Nacional Autónoma de México UNAM Facultad de Ingeniería.

México.

Arredondo Godínez, Apolo. (2008)

Diseño del sistema de drenaje del tramo carretero el Papayo – Meza de Cázares – La Ciénega del km. 6+500 al 9+500 en el mpio. de Taretan, Mich.

Tesis inédita de la Esc. de Ing. Civil de la Universidad Don Vasco A.C.

Uruapan Michoacán, México.

Crespo Villalaz, Carlos. (2005).

Vías de Comunicación.

Ed. Limusa. México.

González Mejía, Christian Cesar. (2008)

Diseño del drenaje en la intersección del libramiento de Guacamayas,

Carretera: Zihuatanejo - Lázaro Cárdenas.

Tesis inédita de la Esc. de Ing. Civil de la Universidad Don Vasco A.C.

Uruapan Michoacán, México.

Hernández Sampieri Roberto y Cols. (2005).

Metodología de la Investigación.

Ed. Mc. Graw Hill. México.

Mendieta Alatorre, Ángeles. (2005).

Métodos de Investigación y Manual Académico.

Ed. Porrúa, México.

Monsalve Sáenz, Germán. (2004)

Hidrología en la Ingeniería.

Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería.

Olivera Bustamante, Fernando. (2006)

Estructuración de Vías Terrestres.

Ed. Continental. México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1974)

Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.

México.

Tamayo y Tamayo, Mario. (2000)

El proceso de la Investigación Científica.

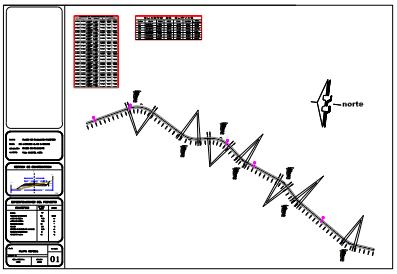
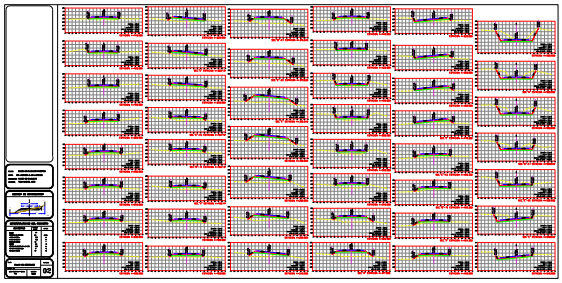
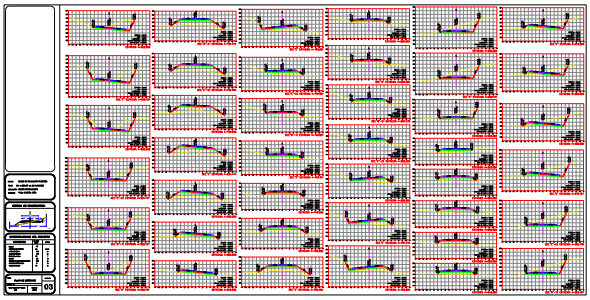
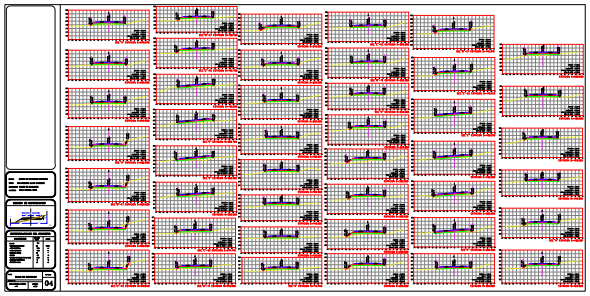
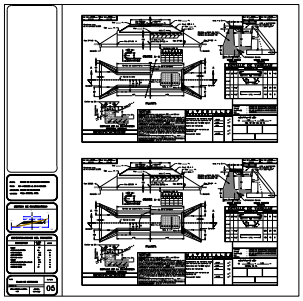
Ed. Limusa. México.

Valencia Aburto, Jorge (2008)

Revisión de drenaje del tramo carretero denominada la curva “del diablo”,

Carretera Uruapan – Carapan del kilómetro 65+000 al 66+000.

Tesis inédita de la Esc. de Ing. Civil de la Universidad Don Vasco A.C.

Uruapan Michoacán, México.

ANEXOS