

UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.

Incorporación No. 8727 – 15

a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

REVISIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA EL TRAMO CARRETERO TEPEHUAJE – LAS GUACAMAYAS, DEL KILÓMETRO 0+000 AL 3+000 EN EL MUNICIPIO DE CARÁCUARO, MICH.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Porfirio Quintana Zepeda

Asesor:

Ing. Sandra Natalia Parra Macías

Uruapan, Michoacán, 2008.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 DIOS:

- Primero que nada doy gracias a Dios por darme la vida, la salud y las fuerzas necesarias para terminar mi carrera, y ahora mi tesis profesional

A MIS PADRES:

- Gracias a mis padres Porfirio Quintana Navarrete y Genoveva Zepeda Aldama, por todo su apoyo moral y económico, que me brindaron durante la carrera y por sus esfuerzos diarios para sacar adelante mis estudios, y los de mis hermanos. Muchas gracias los quiero con todo mi corazón.

A MIS HERMANOS:

- Gracias a mis hermanos, Gabi, Leti, Ana, Hugo y Saira, los quiero y les agradezco mucho por su cariño y compañía y el apoyo incondicional que siempre me demostraron, para terminar mi tesis. También agradezco a una persona muy especial, a ti Martha por haberme dado tu cariño y comprensión que me ayudaron a seguir cuando más lo necesite.

A MIS MAESTROS

- A todos los profesores que me transmitieron los conocimientos necesarios para poder ser un profesionista, en especial, a mi asesor Ing. Sandra

Natalia Parra Macías, por toda su ayuda en la elaboración de mi tesis, así como al Lic. Juan Luis Moreno Hurtado por guiarme en todo este proceso.

AL ING. ANASTASIO BLANCO SIMIANO:

- Por su amistad y apoyo que me dio para realizar esta tesis y por todos los años de enseñanza, que me fueron transmitidos durante mis estudios en la universidad.

A LA UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.:

- Gracias a la Universidad Don Vasco, por haberme dado la oportunidad de cursar y terminar mis estudios, gracias por todos los conocimientos que me transmitieron y que me permiten ser una profesionalista.

ÍNDICE

Introducción.

Antecedentes	1
Planteamiento del Problema	3
Objetivos	3
Pregunta de Investigación	4
Justificación	4
Delimitación	5
Marco de referencia	6

Capítulo 1. Vías terrestres.

1.1.1 Antecedentes de los caminos.....	7
1.1.2. Origen de los caminos en México.....	8
1.2. Inventarios de caminos	9
1.2.1. Aplicación del inventario de caminos.....	9
1.3. Elementos de ingeniería de tránsito usados para el proyecto.....	10
1.3.1. El problema del Tránsito	10
1.3.2. Soluciones que pueden darse al problema del tránsito.....	11
1.3.3. Elementos del tránsito.....	12
1.4. Velocidad	21
1.4.1. Velocidad de proyecto	21
1.4.2. Velocidad de operación	21

1.4.3. Velocidad de punto	22
1.5. Volumen de tránsito	22
1.5.1. Conteos de tránsito.....	22
1.5.2. Estudios de origen y destino.....	23
1.6. Densidad de tránsito.....	25
1.7. Derecho de vía	25
1.8. Capacidad y nivel de servicio.....	25
1.8.1. Capacidad de un camino	25
1.8.2. Nivel de servicio	26
1.8.3. Volumen de servicio	26
1.9. Distancia de visibilidad.....	26
1.9.1. Distancia de visibilidad de parada	27
1.9.2. Distancia de visibilidad de rebase	27
1.10. Mecánica de suelos.....	27
1.10.1. Suelos, origen y formación	28
1.10.2. Propiedades volumétricas y gravimétricas	29
1.10.3. Granulometría.....	30
1.10.4. Plasticidad.....	31
 Capítulo 2. El drenaje.	
2.1. Antecedentes de los drenajes	37
2.2. Objetivo.....	38
2.3. La cuenca hidrológica.....	38

2.4. Precipitación.....	38
2.4.1. Tipos de precipitación	38
2.4.2. Intensidad de la precipitación	39
2.4.3. Medida de la precipitación	39
2.4.4. Aparatos de medida y registro	40
2.4.5. Calculo de la precipitación media sobre un área	41
2.5. Escurrimiento e infiltración.....	43
2.5.1. Tipos de escurrimiento	44
2.5.2. Hidrogramas.....	44
2.5.3. Infiltración.....	46
2.5.3.1. Definición	46
2.5.3.2. Capacidad de infiltración..	47
2.5.3.3. Ensayos de infiltración.....	47
2.6. Agua subterránea.....	48
2.6.1. Distribución del agua en el subsuelo.....	49
2.6.2. Factores que condicionan la presencia y el movimiento del agua subterránea.....	51
2.7. Drenaje de los caminos.....	52
2.8. Drenaje superficial.....	53
2.8.1. Cunetas.....	53
2.8.2. Contracunetas	54
2.8.3. Bombeo.....	55
2.8.4. Lavaderos o vertedores...	55

2.8.5. Obras de cruce (alcantarillas).....	55
2.9. Drenaje subterráneo.....	58
2.9.1. Zanjas.....	59
2.9.2. Drenes ciegos	59
2.9.3. Drenes de tubo	60
2.9.4. Secuela en el proyecto del drenaje subterráneo	62
2.10. Calculo de alcantarillas.	63
2.10.1. Área hidráulica de alcantarillas.....	63
2.10.2. Cargas vivas en las alcantarillas	65
2.10.2. Cargas muertas en las alcantarillas.....	65
2.11. Puentes.....	65
2.11.1. Clasificación de los puentes.....	67
2.11.2. Cargas actuantes.....	67
2.11.3. Pilas y estribos de puentes	68

Capítulo 3. Resumen ejecutivo de macro y microlocalización.

3.1. Generalidades	71
3.1.1. El estado de Michoacán	71
3.1.2. Municipio de Caracúaro	72
3.1.3. El camino en estudio	73
3.2. Resumen ejecutivo	74
3.3. Entorno geográfico.....	75
3.3.1. Macro y microlocalización	75

3.3.2. Topografía regional y de la zona en estudio	78
3.3.3. Geología regional y de la zona en estudio	78
3.3.4. Hidrología regional y de la zona en estudio	80
3.3.5. Uso del suelo regional y de la zona en estudio.....	81
3.4. Informe fotográfico	82
3.4.1. Estado físico actual	82
3.4.2. Tipo de terreno y cobertura vegetal	83
3.4.3. Problemas de drenaje superficial	84
3.4.4. Vehículos que circulan por la vía	85
3.5. Estudios de tránsito.....	86
3.5.1. Tipo y clasificación de vehículos	86
3.5.2. Aforo vehicular.....	87
3.6. Alternativas de solución	88
3.6.1. Planteamiento de alternativas	88
3.6.2. Alternativa a usar	89
 Capítulo 4. Metodología.	
4.1. Método Empleado	90
4.1.1. Método Matemático	90
4.2. Enfoque de la Investigación	91
4.2.1. Alcance	91
4.3. Diseño de la Investigación	92
4.3.1. Investigación Transeccional o Transversal	92

4.4. Instrumentos de recopilación de datos.....	92
4.5. Descripción del Procedimiento de Investigación	95

Capítulo 5. Análisis de resultados.

5.1. Sistema de drenaje existente.....	96
5.2. Cálculo del drenaje	100
5.2.1. Determinación de la cuenca	100
5.2.2. Diseño de cunetas	102
5.2.3. Ubicación de cunetas	106
5.2.4. Diseño de alcantarillas	108
5.2.5. Diseño de lavaderos y bombeo	122
5.3. Comparativa del proyecto existente con el propuesto.....	122

Conclusiones	125
---------------------------	-----

Bibliografía	127
---------------------------	-----

Anexos.

RESUMEN.

La presente tesis, titulada: **Revisión del sistema de drenaje para el tramo carretero Tepehuaje – Las Guacamayas, del kilómetro 0+000 al 3+000 en el municipio de Carácuaro, Mich.**, tiene como objetivo general revisar si el sistema de drenaje para el tramo carretero mencionado es o no suficiente. Dicha investigación consta de cinco capítulos los cuales se describen brevemente a continuación.

Capítulo 1. Trata lo referente a los inicios de las vías terrestres, así como los elementos de ingeniería de tránsito usados en el proyecto, y los distintos conceptos involucrados en el proyecto de un camino como la velocidad, el volumen de tránsito, la capacidad de un camino, los tipos de caminos que existen, etc. Así como la Mecánica de suelos aplicada a las terracerías.

Capítulo 2. En este capítulo se aborda el tema del drenaje en los caminos, se señalan las distintas obras de drenaje como cunetas, contracunetas, alcantarillas, bombeo, y en general los distintos requisitos de un buen drenaje para carreteras.

Capítulo 3. Se describe la localización del camino en estudio, y se realizó una visita al lugar para saber cuántas obras de drenaje y de que tipo existen en el tramo, también se observaron las condiciones geográficas, topográficas y climatológicas del lugar y que se mencionan brevemente a continuación.

El tramo Tepehuaje – Las Guacamayas se encuentra dentro del municipio de Carácuaro Mich, y se localiza a 13.4 km. de la cabecera municipal cuya altura es de 540 m.s.n.m. , su topografía la constituyen las estribaciones meridionales del Sistema Volcánico Transversal, y los cerros de Santa Teresa, San Francisco, Pilón y Zacapungamio, sus formaciones geológicas datan del periodo Mesozoico Jurásico, Metamórfica.

Capítulo 4. Trata de la metodología utilizada para la elaboración de este trabajo y que es la siguiente: Se utilizó el método *matemático cuantitativo*, ya que este trabajo involucra la realización de cálculos para el diseño de las diferentes estructuras, además es de tipo no experimental transeccional ya que no se llevan a cabo experimentos y la investigación es válida solo para el momento o tiempo en que se realizó.

Capítulo 5. En este capítulo, con la información recopilada se llevaron a cabo los cálculos necesarios para determinar la ubicación y dimensiones de las distintas estructuras, que componen el sistema de drenaje del camino.

Conclusión. Por medio de los cálculos realizados se encontró que las obras de drenaje para el tramo carretero denominado Tepehuaje – Las Guacamayas del kilómetro 0+000 al kilómetro 0+3.000, no son suficientes para el rápido desalojo del agua que de alguna manera llega al camino.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

Desde el inicio de la existencia del hombre, éste ha tenido la necesidad de transportarse de un lugar a otro, para lo cual necesitó de vías de comunicación, entre las cuales se encuentran las vías terrestres y dentro de éstas los caminos, que han venido evolucionando desde simples caminos de piedra, brechas, carreteras, hasta llegar a las modernas autopistas de hoy en día.

Así mismo, estos caminos deben ser seguros para los usuarios y tener una vida útil larga, para lo cual es indispensable que tenga un sistema de drenaje eficiente que mantenga las aguas pluviales lejos del camino. Para lograr lo anterior y tal como lo menciona Frederick S. Merrit (1999), un camino debe contar con un bombeo suficiente que permita que el agua drene, manteniéndola de este modo alejada de la carretera y ésta pueda llevarse a un sistema de drenaje compuesto por canales, que pueden ser cunetas ya sea de tierra natural o de concreto, de modo que el agua acumulada pueda descargar en una masa de agua adyacente.

En la Universidad Don Vasco A.C. existen varias tesis relacionadas con este tema, algunas de revisión y otras de diseño de sistemas de drenaje en carreteras. Estas investigaciones fueron hechas en el año 2008, como la titulada: Revisión del drenaje del tramo carretero denominado la curva "Del diablo", carretera Uruapan - Charapan, del kilómetro 65+000 al 66+00., realizada por Jorge Valencia Aburto, en la que se plantea como objetivo la revisión del sistema de drenaje en dicho tramo y se

llega a la siguiente conclusión: que el sistema de drenaje utilizado es el adecuado ya que el tramo cuenta con cunetas, que cumplen con la cuneta tipo de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes). Y cuenta con un bombeo del 2% que es el necesario para desalojar el agua. Además se construyó una alcantarilla rectangular, debido a que atraviesa un arrollo por la curva, dicha alcantarilla fue construida correctamente en cuanto a sus dimensiones de muros, losas, etc.

Existe también la investigación realizada por Gabriel Chávez, que se titula: Revisión de obras de drenaje del tramo “0+100 al 2+000” de la carretera Ziracuaretiro – La Ciénega. En la que se tiene como objetivo general hacer una revisión para diseñar las obras de drenaje necesarias y compararlas con las existentes, encontrándose como conclusión que las obras de drenaje existentes no son suficientes ni adecuadas para las condiciones climatológicas y topográficas que prevalecen el lugar. En cuanto a tesis de diseño existe una denominada Diseño del sistema de drenaje del tramo carretero El Papayo – Meza de Cázares – La Ciénega del km. 6+500 al km. 9+500 en el Mpio. De Taretan Mich. El objetivo de esta investigación es el diseño por medio de cálculos del sistema de drenaje para el tramo El Papayo – Meza de Cázares – La Ciénega, como resultado de la investigación se concluye que después de encontrar las cuencas de aportación y realizar los cálculos necesarios se llegó al diseño de las obras de drenaje para este tramo, como son: cuneta tipo, alcantarillas y el bombeo del 2%.

Planteamiento del problema.

Debido a la importancia que tiene el sistema de drenaje en una carretera, resulta de suma trascendencia el realizar un proyecto adecuado para cada tramo de estudio en particular, de modo que al construir el sistema de drenaje éste sea eficiente y cumpla la función para la cual fue hecho, manteniendo el camino libre de agua y así evitar el deterioro del mismo.

Así, con esta investigación se pretende revisar si el sistema de drenaje del tramo carretero Tepehuaje – Las Guacamayas del kilómetro 0+000 al 6+580 en el municipio de Carácuar, Mich., es el suficiente o no.

Objetivos.

Como objetivos planteados en este trabajo de investigación se tiene un objetivo general y varios objetivos específicos que se describen enseguida.

Objetivo general:

Revisar si el diseño del sistema de drenaje para el tramo carretero el Tepehuaje – Las Guacamayas kilómetro 0+000 al 6+580 en el municipio de Carácuar, Mich. es el suficiente.

Objetivos específicos:

- 1.- Definir qué es un camino y cuántos tipos existen.
- 2.- Definir qué es un sistema de drenaje en carreteras.
- 3.- Identificar las obras que conlleva un buen sistema de drenaje.

4.- Establecer los factores que se deben considerar para el diseño de un sistema de drenaje.

5.- Definir el diseño del sistema de drenaje.

Pregunta de investigación.

En la presente investigación se tratará de dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

¿Será suficiente el sistema de drenaje diseñado para el tramo carretero el Tepehuaje – Las Guacamayas kilómetro 0+000 al 6+580 en el municipio de Carácuaro, Mich.?

¿Qué es un camino?

¿A qué tipo de camino pertenece el tramo en estudio?

¿Qué es un sistema de drenaje en carreteras?

¿Cuál es la función del drenaje en las carreteras?

¿Qué obras integran un sistema de drenaje?

¿Qué es una cuneta y que es una alcantarilla?

¿Qué factores deben considerarse para el diseño del drenaje?

¿Cuál será el diseño del sistema de drenaje para el tramo en estudio?

Justificación.

Como ya se mencionó anteriormente, el drenaje en carreteras resulta de gran importancia, ya que permite desalojar el agua del camino, lo que se traduce en una

carretera más segura, ya que evitará accidentes que pudieran ser ocasionados por el mal estado del camino. Por esto es importante la presente investigación, ya que se podrá comprobar si el sistema de drenaje fue construido adecuadamente, y de no ser así las autoridades pudieran tomarlo en cuenta para hacer mejoras. Además el presente trabajo será una fuente de consulta para los alumnos de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco y para la sociedad en general que pudiera tomar en cuenta las consideraciones hechas en esta tesis. También resulta de gran importancia para el investigador porque resolverá dudas, conocerá más a fondo el sistema de drenaje, y se actualizará en el tema.

Delimitación

La presente investigación sólo comprende la revisión del sistema de drenaje para el tramo carretero Tepehuaje – Las Guacamayas, del kilómetro 0+000 al 6+580 municipio de Carácuaro, Michoacán, y considerando las condiciones geográficas y climatológicas del tiempo en que se llevó a cabo la investigación.

Marco de referencia.

El tramo en estudio se encuentra entre las localidades Tepehuaje y Las Guacamayas, y está dentro del municipio de Carácuaro, Michoacán, Las Guacamayas esta a 20 km de la cabecera municipal Carácuaro. El tramo en estudio involucra directamente a las comunidades de Rancho viejo, El Guayabito y Los ejes ya que es la única ruta de acceso a estas comunidades. Además a los alrededores se encuentran varias localidades entre ellas están: Puerto de la Cruz, El Zaus, El Limoncito, La arboleda, Juntas de Chaparícuaro y Las Pilas.

La principal actividad del municipio es la agricultura y los principales cultivos son: el ajonjolí y el maíz. La segunda actividad económica mas importante, es la ganadería, la cual esta constituida por la cría de ganado bovino, caprino y porcino.

CAPÍTULO 1

VÍAS TERRESTRES

Las vías terrestres, según Olivera (2006), fueron en un inicio veredas de tipo peatonal, que se fueron mejorando por medio de revestimientos de piedra, posteriormente con la aparición de la rueda se tuvieron que hacer caminos para las carretas jaladas por bestias. Con la aparición del automóvil a fines del siglo XIX, se tuvieron que acondicionar los caminos para ser utilizados por los automóviles. En 1925 en México se comenzaron a construir caminos con técnicas avanzadas por ingenieros estadounidenses y fue hasta 1940 cuando ingenieros mexicanos se encargaron de estos trabajos fue así como surge la red de caminos de hoy en día.

1.1. Antecedentes de los caminos.

De acuerdo con Mier (1987), hace aproximadamente 5,000 años se inventó la rueda en Asia Menor, lo que originó la necesidad de superficies de rodamiento que alojaran las cuatro ruedas de las carretas existentes en ese tiempo. En esta época los egipcios y los asirios que eran pueblos florecientes, comenzaron a desarrollar sus caminos. Los cartagineses, construyeron caminos de piedra en la costa sur 500 años A. C, que después fueron copiados por los romanos, los cuales lograron el florecimiento de su imperio gracias a la red de caminos que desarrollaron con lo que lograron acortar distancias. Aunque los religiosos mantenían comunicación entre Francia, España e Inglaterra con sus peregrinaciones, los caminos no se

conservaban y estaban en estado deplorable realizándose las comunicaciones a pie y a caballo.

1.1.2. Origen de los caminos en México.

Al llegar al Territorio Nacional, los españoles encontraron que no se conocía el uso de la rueda en vehículos de transporte; y que tampoco el uso de animales de carga y tiro, pero sin embargo se contaba con un gran número de calzadas de piedra así como caminos, veredas y senderos. La colonización de La Nueva España trajo consigo el mejoramiento de los caminos ya existentes y la apertura de muchos otros. El mejoramiento de los caminos tubo su origen en el uso de animales de tiro y carga así como la apertura de carreteras es debida a la necesidad de comunicar el centro de la Nueva España con los puertos marítimos para hacer llegar los distintos productos del país a la madre Patria.

Con la aparición del automóvil acaecida en México en el año 1906, se revolucionó los viejos sistemas de transporte por carretera entre 1918 y 1920 se logró un gran avance en los caminos que resulta más importante que lo hecho en los cuatrocientos años anteriores de la historia de México.

Con la creación de la Comisión Nacional de Caminos en 1925 decretada por el entonces presidente Gral. Plutarco Elías Calles, se inicia la construcción de nuevos caminos y la conservación de los existentes.

1.2. Inventario de caminos.

Según lo mencionado por Mier (1987), con el fin de obtener el inventario de los caminos de una entidad, se pueden seguir varios métodos, desde el más sencillo que es recorrer los caminos en un vehículo tomando los kilometrajes con el odómetro y anotando la información obtenida a simple vista, hasta el uso de equipos topográficos que puedan dar la información directa sobre los caminos. El primero de ellos tiene el inconveniente que no llenaría los requisitos que se necesitan para un inventario y el segundo resultaría muy costoso y lento.

Los datos que se deben obtener al hacer el inventario son: planta y perfil del camino, itinerario, configuración del terreno por el que se cruza, características de la superficie de rodamiento, sección transversal, alineamientos horizontal y vertical, señalamiento, visibilidad, obras de drenaje, cruces y entronques con otras vías de comunicación, características de los poblados por los que cruza el camino, uso de la tierra a los lados del camino y otros datos que se consideren importantes.

1.2.1. Aplicaciones del inventario de caminos.

Una de las aplicaciones del inventario de caminos es la obtención de la capacidad de un camino o varios.

“La capacidad de un camino queda determinada por muy diversos factores (+) que comprenden las características geométricas del camino en sí mismo y las características del tránsito que circula por él.” (Mier; 1987; 7)

Otra de las aplicaciones del inventario de caminos, consiste en señalar las obras necesarias y su prioridad en los programas de reconstrucción, conservación y construcción de caminos. Una vez terminado el inventario de caminos es importante mantenerlo al día, registrando adecuadamente los cambios hechos al camino, para lo cual se recabarán en las dependencias correspondientes datos de modificaciones posteriores a la fecha en que se realizó el inventario del tramo, a fin de tener únicamente con revisiones periódicas para saber el estado real y verdadero de la red.

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

“La Ingeniería de Tránsito es la rama de la Ingeniería que se dedica al estudio del movimiento de personas y vehículos en las calles y los caminos con el propósito de hacerlo eficaz, libre, rápido y seguro”. (Mier; 1987; 21)

1.3.1. El problema del tránsito.

Mier (1987), menciona que el problema del tránsito radica fundamentalmente en la diferencia que existe entre los vehículos modernos y los caminos construidos, ya que las ciudades se siguen trazando como en la antigüedad en cuadrícula, lo que ocasiona que los vehículos no puedan desplazarse naturalmente, ya que están diseñados para moverse en curvas más o menos amplias. Y muchos de los caminos actuales no son más que mejoramientos de rutas antiguas que fueron diseñadas para vehículos de más de 40 años de antigüedad, por lo cual no cumplen con las necesidades de los vehículos modernos, además de que por su parte el vehículo han sufrido cambios extraordinarios en los últimos 50 años.

Los diferentes factores que intervienen en el problema del tránsito son: que en un mismo camino circulan vehículos de distintos tipos como automóviles, camiones, bicicletas, vehículos de tracción animal, etcétera; trazo de vías de comunicación inadecuadas con trazos anacrónicos, calles y caminos angostos, torcidos y con fuertes pendientes y banquetas insuficientes. además también esta la falta de educación vial y falta de reglamentos de tránsito adecuados para las necesidades del usuario.

1.3.2. Soluciones que pueden darse al problema del tránsito.

Es muy importante dar soluciones al problema de tránsito a la brevedad posible y de acuerdo a los recursos económicos disponibles. Existen tres soluciones para este problema.

Solución integral:

Consiste en construir un nuevo tipo de camino para el vehículo moderno, en un tiempo razonable de previsión. Deben construirse ciudades con calles que puedan alojar vehículos modernos y carreteras seguras para las exigencias de los vehículos actuales.

Solución parcial de alto costo:

Mediante ella se trata de sacar el mejor partido de los caminos existentes, realizando mejoras que requieren grandes inversiones, tales como el ensanchamiento de calles, construcción de intersecciones, arterias de acceso controlado, estacionamientos públicos, semaforización, etc.

Solución parcial de bajo costo.

Se trata de aprovechar al máximo las condiciones existentes, tener un mínimo de obras materiales y un máximo de regulación funcional del tránsito. Se deben hacer reglamentos adaptados a las necesidades del tránsito, campañas de educación vial, cambios en la circulación para cambiar el sentido de las calles, estacionamientos con tiempo limitado, canalización del tránsito a bajo costo, proyecto estandarizado de semáforos y señales.

1.3.3. Elementos del tránsito.

Los elementos que componen el tránsito son: el usuario, el vehículo y el camino.

El usuario.

Lo conforma la población en general que utiliza los caminos y las calles, tanto cuando es conductor como cuando es peatón.

a). El peatón.

Es el sujeto más expuesto a sufrir los accidentes, como dato se dice que el 80 % de los atropellados no sabe conducir, es decir que está inadaptado a la era motorizada, desconoce las características de los vehículos y por lo tanto las restricciones físicas que el conductor tiene a la hora de detenerse

b). El conductor.

Es el medio humano que controla el vehículo, por lo tanto es el responsable de su buen manejo. Tiene dos limitantes la visibilidad y el tiempo de reacción.

visibilidad.

Es un factor muy importante que siempre debe ser tomado en cuenta por el proyectista. La visión de los conductores está limitada por la condición de sus ojos y al realizar los proyectos debe ser tomada en cuenta la agudeza visual, la percepción de los colores, la visión periférica, la recuperación al deslumbramiento y la profundidad de percepción.

Tiempo de reacción.

Las reacciones de una persona pueden ser condicionadas y psicológicas.

Las reacciones condicionadas o físicas son aquellas que ocurren inconscientemente producto de los hábitos del usuario. Y las reacciones psicológicas, consisten en un proceso intelectual en el cual el individuo percibe un estímulo, hace un juicio y ejecuta una orden.

El vehículo.

a) Características geométricas.

“Las características geométricas de los vehículos están determinadas por sus dimensiones y su radio de giro”. (Mier; 1987; 30)

1. Dimensiones.

Debido a que existe una gran variedad de vehículos y los cambios que estos han sufrido con el tiempo, es difícil tomar para el proyecto de los caminos un vehículo en especial por lo que se tomaran las características promedio de los vehículos que se han construido, tomando en cuenta las tendencias futuras para que los caminos sigan sirviendo a las próximas generaciones; de ahí nace la idea del vehículo de proyecto cuyas características generales se muestran en las siguiente figura.

TIPO DE VEHICULO	MODELOS	ESQUEMAS		D. WHEELS	PORCENTAJE PERCENTUAL TOTAL DE CAMIONES	PORCENTAJE PERCENTUAL TOTAL DE UNIDADES
		PERFIL	PLANTA			
VEHICULOS COMUNES	AUTOMOVILES	2		Ap		46
	CAMIONETAS	2		Au		12
	AUTOBUSES	2		B		12
VEHICULOS PESADOS	CAMIONES	2		C2	78	100 30 43
		3		C3	13	
		3		T2-S1		
		4		T2-S2	7	
		5		T3-S2		
			T2-S1-R2	7		
		OTRAS COMBINACIONES				
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES CON REAJUSTES ESPECIALES					
	MAQUINARIA AGRICOLA	VARIABLE		Eg		VARIABLE
	BICICLETAS Y MOTOCICLETAS					
	OTROS					

Fig.1.1. Vehículos tipo y su clasificación en México.

La manera de nombrar a los vehículos de proyecto depende de su distancia en centímetros entre ejes extremos, por ejemplo, el vehículo DE-610 tiene una distancia entre ejes de 6.10 metros.

En la siguiente tabla aparecen todas las dimensiones importantes de los vehículos de proyecto, según la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes).

CARACTERÍSTICAS		VEHÍCULO DE PROYECTO						
		DE-300	DE-400	DE-610	DE-1000	DE-1200		
L	Longitud total del vehículo	1	900	750	910	1020	1070	
	Distancia entre ejes interiores del vehículo	04	330	450	610	1000	1030	
	Distancia entre ejes extremos del tractor	05	587	610	
	Distancia entre ejes del aparcamiento	06	700	810	
	W	Volvo delantero	09	80	100	120	120	80
		Volvo trasero	10	100	100	100	100	80
		Distancia entre ejes líneas interiores	11	120
		Distancia entre ejes líneas paravolvo	12	120
		Distancia entre ejes líneas exterior	13	400
	H	Dist. entre ejes interiores, tracción a aparcamiento	04	700	700
Ancho total del vehículo		4	210	240	230	230	230	
Distancia del vehículo		15	180	244	230	230	230	
Ancho total del vehículo		01	180	244	230	230	230	
B	Ancho de los ejes del conductor	07	110	110	110	110	110	
	Ancho de los ejes pasajeros	08	90	90	90	90	90	
	Ancho de los ejes traseros	03	90	90	90	90	90	
	Ancho de los ejes interiores	02	90	90	90	90	90	
Distancia de separación del eje de los ejes interiores	08	27	27	27	27	27		
Radio de giro mínimo (cm)	09	700	1000	1000	1000	1070		
Peso total (Kg)	vehículo vacío	04	2000	4000	7000	10000	14000	
	vehículo completo	05	3000	10000	17000	20000	30000	
Relación Peso/Potencia (HP/HP)	06	45	50	100	100	100		
VEHÍCULOS REPRESENTADOS POR EL DE PROYECTO		A ₁ -A ₂	02	01-03	01-02	01-02	01-02	
PORCENTAJE DE VEHÍCULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE EJES EXTREMOS (DE) ES MENOR QUE LA DEL VEHÍCULO DE PROYECTO	A ₁ -A ₂	00	100	100	100	100		
	02	00	00	00	00	100		
	03	00	00	00	00	100		
	01-01	0	0	0	0	00		
	01-02	0	0	0	00	00		
PORCENTAJE DE VEHÍCULOS DEL TIPO INDICADO CUYA RELACION PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHÍCULO DE PROYECTO	A ₁ -A ₂	00	100	100	100	100		
	02	00	00	00	00	100		
	03	00	00	00	00	100		
	01-01	0	00	00	00	00		
	01-02	0	00	00	00	00		

Tabla 1.2. Características de los vehículos de proyecto.

2. Radios de giro.

Se define con el radio de la circunferencia trazada por la trayectoria de la rueda externa delantera del vehículo al realizarse el giro. El radio de giro mínimo se

produce cuando el vehículo gira muy despacio con las ruedas torcidas al máximo posible (50° en los vehículos modernos).

En las siguientes figuras se observan los radios de giro mínimos para distintos vehículos de proyecto.

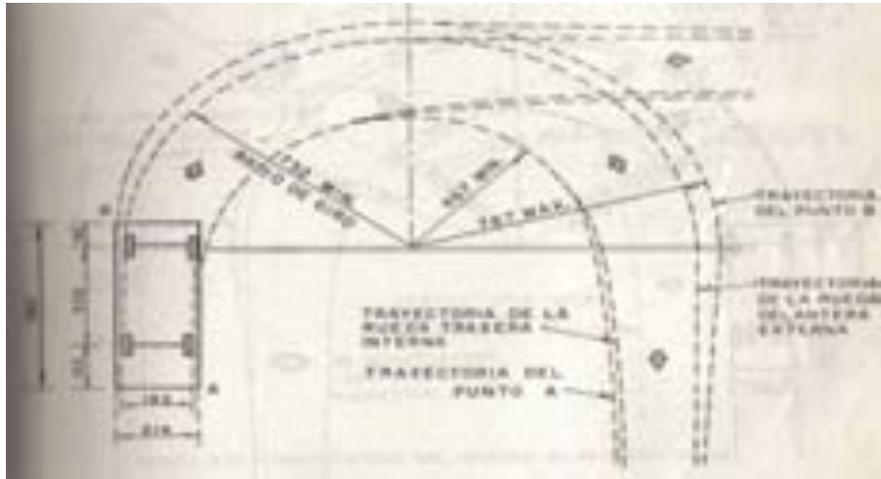


Fig. 1.3 (1). Vehículo DE-335

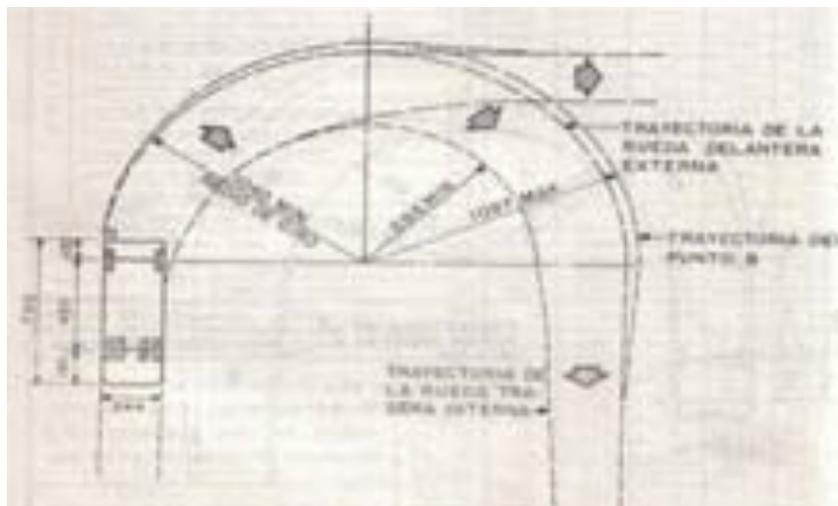


Fig. 1.3 (2). Vehículo DE-610

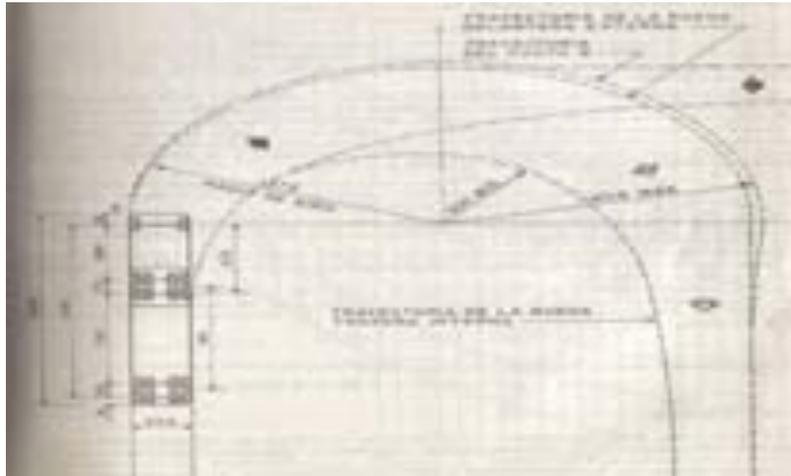


Fig. 1.3 (3). Vehículo DE-1525

3. Tipos de vehículos.

Los vehículos se clasifican básicamente en vehículos ligeros y vehículos pesados aunque eventualmente pueden aparecer otro tipo de vehículos que se clasifican como especiales.

Vehículos ligeros.

Los vehículos ligeros (tipo A) son aquellos que tienen 2 ejes y 4 ruedas caen dentro de esta clasificación los automóviles , camionetas y vehículos de carga ligera.

Vehículos pesados.

Pueden ser camiones de carga (tipo C) y autobuses (tipo B) también quedan dentro de esta clasificación los vehículos de 2 o mas ejes y 6 o mas llantas.

Vehículos especiales.

Se consideran las bicicletas, tractores y maquinaria agrícola; así como algunos remolques para maquinaria pesada, los coches deportivos, etc.

b) características de operación.

“Las características de operación de los vehículos esta definido principalmente por su peso estando cargados y por la potencia del motor”(Mier; 1987; 33)

De la relación peso/potencia de los vehículos que se mide en Kgs./Hp. depende que estos puedan acelerar o desacelerar más o menos rápidamente, lo que influye gradualmente en el proyecto del alineamiento vertical y la capacidad de los caminos.

El camino.

El camino es la faja de terreno que fue acondicionada para que los vehículos puedan transitar sobre ella. Los caminos pueden clasificarse desde distintos tipos de vista.

a) Clasificación por transitabilidad.

Camino pavimentado. Es cuando sobre la subrasante se ha construido ya totalmente el pavimento. Y este es transitable en todo tiempo.

c) Clasificación por capacidad.

Autopistas (de cuatro o más carriles)

Caminos de dos carriles.

Brechas.

d) Clasificación administrativa.

Caminos federales.

Son los caminos que son proyectados, construidos y conservados por la federación.

Caminos de cooperación bipartita.

Son los construidos por las Juntas Locales de Caminos en cooperaciones iguales de la federación y los estados. Conservados por la junta local de caminos

Caminos de cooperación tripartita.

están construidos por las Juntas Locales de Caminos con recursos en partes iguales de los Estados, la Federación y los Particulares, Dichos caminos son conservados por los particulares.

Caminos de Cuota.

Se construyen con recursos de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y obras conexas.

1.4. Velocidad.

De acuerdo con Mier (1987), la velocidad es un factor muy importante para el diseño de un camino, ya que su utilidad y funcionalidad se juzgan por la rapidez y seguridad con que las personas y mercancías se mueven en él.

1.4.1. Velocidad de proyecto.

“ Es la máxima velocidad sostenida que ofrece seguridad en un tramo a lo largo de un camino y que gobierna las características de proyecto del mismo”.(Mier; 1987; 39)

Está influenciada por la topografía, por el tipo de camino, por el volumen de tránsito y por el uso de la tierra.

1.4.2. Velocidad de operación.

“ Se define como la velocidad mantenida por un vehículo en movimiento en un tramo a lo largo de un camino.

Es la velocidad real con la que transitan los vehículos y representa un índice de eficiencia que el camino proporciona a los usuarios.

1.4.3. Velocidad de punto.

Es la velocidad que lleva un vehículo cuando pasa por un determinado punto en el camino.

1.5. Volumen de tránsito.

Haciendo referencia a Mier (1987), el volumen de tránsito es el número de vehículos que circulan en una dirección o direcciones especificadas sobre un carril o carriles dados y que pasan por un determinado punto del camino en un cierto tiempo.

(VPDA) Volumen Promedio Diario Anual. Es el número de vehículos que pasan por un determinado punto del camino en un año y dividido entre 365 días.

(VMHA) Volumen máximo Horario Anual. Es el volumen máximo horario que sucede para un cierto año. Aunque se acerca más a las condiciones de operación del camino, su aplicación en el proyecto da como resultado obras sobradas.

El volumen horario usado para el proyecto no debe ser excedido muy a menudo. Para determinar el volumen horario mas adecuado para el proyecto es necesario realizar una grafica donde se observen las variaciones del volumen horario en un año.

1.5.1. Conteos de tránsito.

Los conteos de tránsito pueden obtenerse de datos estadísticos o bien hacerse conteos directos del tránsito. Dichos conteos pueden hacerse en forma manual o mecánica.

a) Conteos.

La forma más económica de hacer los conteos manuales es el llamado de muestreos que es realizar un conteo continuo durante 5 a 10 días , procurando que queden incluidos: en el primer caso el primer fin de semana y en el segundo el sábado, 2 domingos y dos lunes. Los muestreos es conveniente que se realicen durante 24 horas al DIA en el primer caso y en el segundo durante 24 horas al DIA los primeros 5 días y los restantes de las 7 a las 19 horas.

b) Conteos mecánicos.

Este conteo se realiza automáticamente mediante diversos dispositivos. Los cuales se describen enseguida:

Contadores neumáticos.

Están constituidos por un tubo de goma muy flexible colocado en forma transversal al camino, cerrado en un extremo y unido a un contador en el otro extremo. La forma en que funciona, es que al pasar un vehículo sobre el tubo el aire que se encuentra en su interior es presionado lo que impulsa una membrana que activa el contador mediante un circuito eléctrico.

1.5.2. Estudios de origen y destino.

Se considera el estudio más completo para el aforo de vehículos ya que permite conocer los tipos de vehículos que circulan, el volumen de tránsito, clasificación por direcciones, origen y destino del viaje, tonelaje y tipo de carga,

numero de pasajeros, dificultades encontradas durante el viaje, productos transportados así como marcas y modelos de los vehículos.

Las aplicaciones de este tipo de estudios son: la demanda que existe en una ciudad para usar en mayor o menor grado una ruta, trazar rutas a través de la ciudad para desviar el movimiento de los turistas y vehículos pesados, justificar la construcción de un nuevo camino, la mejora de los existentes o la localización de nuevos caminos.

Existen 4 maneras de llevar a cabo los estudios de origen y destino:

1. Entrevistando directamente al conductor.
2. Entregando al usuario en una estación de aforo un cuestionario el cual deberá llenar durante su recorrido y devolverlo en la próxima estación de aforo.
3. Por medio de muestreo estadístico con entrevistas personales a los usuarios en sus domicilios.
4. Mediante la observación de placas de los vehículos en distintos puntos.

En zonas rurales el método más efectivo es realizar entrevistas directas a los conductores en la carretera. Mientras que en las zonas urbanas, debido a que el gran numero de vehículos dificulta esta labor, es recomendable el uso de entrevistas en el domicilio de los usuarios.

De todos los métodos vistos el más exacto y verídico es el de entrevistas directas al conductor. El método más verídico y exacto de todos es el de las entrevistas directas al conductor.

1.6. Densidad de tránsito.

“ Es el número de vehículos que se encuentran en una cierta longitud de camino en un instante dado”. (SCT; 1974; 97)

1.7. Derecho de vía.

“Se le llama derecho de vía a la franja de terreno, de un ancho suficiente, que se adquiere para alojar una vía de comunicación y que es parte integrante de la misma”. (Mier; 1987; 57)

Para caminos en México se ha establecido un ancho mínimo del derecho de vía de 40 metros, 20 metros a cada lado del eje.

1.8. Capacidad y nivel de servicio.

De acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1974), la capacidad es una medida de la eficiencia con que una carretera o calle presta servicio a la demanda de tránsito.

1.8.1. Capacidad de un camino.

La capacidad de un camino es el número máximo de vehículos que pueden circular por él bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del camino propio en un periodo de tiempo determinado.

1.8.2. Nivel de servicio.

El nivel de servicio tiene que ver con las condiciones de operación que el usuario experimenta durante su recorrido por una calle o camino.

Como dice Mier (1987), el nivel de servicio es una medida cualitativa del efecto de factores como el tiempo de recorrido, la velocidad, las interrupciones en el tránsito, la libertad y comodidad de manejo, así como los gastos de operación del camino.

1.8.3. Volumen de servicio.

El volumen de servicio es el volumen de tránsito que corresponde a un determinado nivel de servicio. Y el volumen de servicio máximo es la capacidad del camino. Se estiman los siguientes valores de la capacidad en carreteras con circulación continua y bajo condiciones ideales:

- Carriles múltiples: 2,000/ carril
- Dos carriles, dos sentidos: 2,000 totales en ambas direcciones.
- Tres carriles dos sentidos: 4,000 totales en ambas direcciones.

1.9. Distancia de visibilidad.

Según la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1974), se le llama distancia de visibilidad a la longitud de carretera que el conductor ve delante de él, en condiciones atmosféricas y de tránsito favorables.

1.9.1. Distancia de visibilidad de parada.

Es la distancia mínima de visibilidad que se necesita para que un conductor que transita a o cerca de la velocidad de proyecto, y que observa un objeto en su camino pare antes de llegar a él. La distancia de visibilidad de parada esta formada por dos distancias, la distancia que el vehículo recorre desde que el conductor ve el objeto y aplica el freno y la distancia que recorre a partir de que aplica el freno hasta que el vehículo se detiene completamente.

1.9.2. Distancia de visibilidad de rebase.

Es la distancia necesaria en un tramo de carretera, para que un vehículo pueda adelantar a otro que va en el mismo carril sin interferir con un tercero que venga en el otro sentido y sea visible al inicio de la maniobra. La distancia de visibilidad de rebase se aplica en carreteras de dos carriles; en carreteras de cuatro ó mas carriles el rebase se efectúa en carriles del mismo sentido por lo que no existe peligro de interferir con los vehículos que vienen en sentido opuesto.

1.10. Mecánica de suelos.

De acuerdo con Arias (1986), la Mecánica de Suelos, es la rama e la Ingeniería Civil que estudia la aplicación de la Mecánica e Hidráulica a los problemas de la Ingeniería relacionados con los sedimentos y otras acumulaciones no consideradas de partículas sólidas; producto de la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas.

1.10.1. Suelos, origen y formación.

Se entiende por suelo al material que está formado por partículas minerales producto de la desintegración de las rocas y vacíos, los cuales pueden estar o no ocupados por agua.

Desintegración Mecánica.

La desintegración mecánica de las rocas es debida a los siguientes factores:

- Congelación del agua (efecto de cuña que aumenta el volumen del agua)
- Cambios en la temperatura
- Efectos de algunos organismos como roedores, raíces, etc.
- Esfuerzos tectónicos
- Efectos de abrasión producidos por agua o viento.
- Efectos telúricos (debidos a temblores o terremotos)
- Efectos de gravedad debidos a derrumbes de taludes.

Descomposición Química

La descomposición química ocurre en presencia de agua y otras sustancias naturales y cuyas reacciones generan en general suelos finos.

Tipos de suelos.

a) Suelos residuales.

Los suelos residuales son aquellos que permanecen en el sitio donde fueron creados debido a descomposición de las rocas.

b) Suelos transportados.

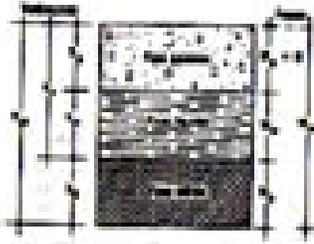
Son los suelos producto de la desintegración de las rocas removidos y depositados en un lugar diferente al de su formación, y cuyos agentes de transporte son el agua, el viento, los glaciares, la gravedad, etc.

1.10.2. Propiedades volumétricas y gravimétricas.

Al observarse un suelo a simple vista, se podría definir como “un sistema de partículas cuyos espacios libres pueden estar parcial o totalmente llenos de agua, teniéndose de hecho, tres fases en juego: la sólida, la líquida y la gaseosa.” (Arias; 1986; 4).

Según Arias (1986), un suelo se considera saturado cuando este está constituido por las fases sólida y líquida; parcialmente saturado cuando está constituido por las fases sólida, líquida y gaseosa; y cuando solo lo constituyen las fases sólida y gaseosa, se dice que es un suelo seco.

A continuación se presenta un esquema de una muestra de suelo.



El significado de las abreviaturas es el siguiente:

- V_v = Volumen total de la muestra de suelo (volumen de la masa).
- V_s = Volumen de la fase sólida de la muestra (volumen de sólidos).
- V_a = Volumen de las partículas de la muestra de suelo (volumen de agua).
- V_w = Volumen de la fase líquida contenida en la muestra (volumen de agua).
- V_o = Volumen de la fase gaseosa de la muestra (volumen de aire).
- M_t = Peso total de la muestra del suelo (peso de la masa).
- M_s = Peso de la fase sólida de la muestra de suelo (peso de los sólidos).
- M_w = Peso de la fase líquida de la muestra (peso del agua).
- M_o = Peso de la fase gaseosa de la muestra, convencionalmente considerado como siendo menor que un milésimo de gramo.

Fig. 1.5. Esquema de una muestra de suelo.

1.10.3. Granulometría.

De acuerdo con lo mencionado por Arias (1986), la granulometría estudia o trata lo referente a la forma y distribución de tamaños de las gravas o partículas que constituyen un suelo.

Suelos gruesos (análisis por mallas).

En referencia a lo que dice Arias (1986), el análisis granulométrico solo tienen sentido hacerlo en suelos gruesos, cuyos tamaños varían de 0.074 y 76.2 mm. Y la medición de los granos puede hacerse mediante análisis directo y por medio de mallas. el análisis directo se hace para partículas de suelo mayores a 3 pulgadas y es mediante aparatos de precisión manuales (Vernier). Y la medición con mallas, es un análisis mecánico usado principalmente para suelos gruesos, que consiste en

colocar un juego de mallas en forma descendente colocándole una porción de suelo previamente seco y agitándolo en forma vertical y horizontal durante 5 o 10 minutos en un agitador, luego se calcula el porcentaje en peso de suelo retenido en cada malla respecto al peso total de la muestra , así como el porcentaje que pasa; posteriormente se grafican los resultados colocando en un eje el porcentaje que pasa y en el otro el diámetro de la malla, con lo cual se obtiene la Curve de Distribución Granulométrica.

Suelos finos.

Según Arias, para obtener la granulometría de los suelos finos (menores a 0.074 mm.) se usa el método del hidrómetro; que consiste en realizar una mezcla homogénea de suelo y agua lo que permitirá que las partículas de suelo mas grandes se vayan sedimentando.

Curva granulométrica.

De acuerdo con Arias (1986) la Curva de Distribución granulométrica muestra la distribución y tamaño de los granos constitutivos de un suelo, así como la buena o mala graduación de estos.

1.10.4. Plasticidad.

La plasticidad según Arias (1986), es la capacidad que tienen los suelos de deformarse sin tener rebote elástico, cambio de volumen apreciable, y sin desmoronarse ni agrietarse.

Estados límites de consistencia.

Los estados límites de consistencia son los siguientes:

a). *Límite líquido (LL)*. Contenido de agua para el cual un suelo fino presenta una resistencia al esfuerzo cortante de 25 gr. /cm². Para determinar el límite líquido se usa el método de la copa de la Copa de Casagrande el cual, consiste en colocar una mezcla homogénea del suelo que se desea clasificar en la copa y enrasarlo, posteriormente se hace una ranura, para después mediante una leva la copa se levanta y cae repentinamente, repitiendo el procedimiento varias veces hasta que la ranura se cierra.

b). *Límite plástico (LP)*. Es el contenido de agua para el cual el suelo empieza a perder sus propiedades plásticas y para pasar a un estado semisólido. Consiste en la formación de rollitos de suelo de 3 mm; los cuales se hacen en el laboratorio sobre un pedazo de vidrio pulido hasta que el rollito comienza a agrietarse, es entonces cuando el suelo alcanza su límite plástico.

c). *Límite de contracción (LC)*. Es el contenido de agua de un suelo a partir del cual su volumen permanece constante aunque su humedad disminuya. Este límite se detecta al observarse un cambio de color de un tono oscuro a uno más claro al irse secando la muestra.

Carta de plasticidad.

En base al Límite Líquido y al Índice de Plasticidad, se construyó la Carta de Plasticidad en la cual se puede localizar algún tipo de suelo y obtener información

cuantitativa de su comportamiento. Dentro de la carta se han agrupado los suelos formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas:

Símbolo	Significado
M	Limos Inorgánicos
C	Arcillas Inorgánicas
O	Limos y Arcillas Orgánicas

A su vez estos suelos se subdividen: de acuerdo a su LIMITE LIQUIDO en dos grupos:

Si el L.L. es $< 50\%$ son suelos de baja a mediana COMPRESIBILIDAD "L" (Low compressibility).

Si el L.L. $> 50\%$ son de alta compresibilidad "H" (high compressibility).



Fig. 1.6. Clasificación de suelos (SUCS)

Tipo	Subtipos	Símbolo de grupo	Características para su acomodo	Pruebas especificadas para la determinación de los pesos volumétricos secos máximos	Recomendaciones de uso	
					Cuerpo de terraplén	Capa de subrasante en terraplenes y cortes
Fragmentos de roca Tamaños mayores de 7.6 cm (3 plg) y menores de 2 m	Grandes mayores a 75 cm y menores de 2 m	Fg	Susceptibles de acomodarse con tractor y/o con el equipo de construcción		Puede utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, acomodándolos en su posición más estable, entendiéndose que el simple voleo no constituye un acomodo adecuado	No deben usarse
		Fgm				
		Fgc				
		Fgmc				
		Fgcm				
	Medianos mayores de 20 cm y menores de 75 cm	Fm	Susceptible de acomodarse por bandeado con tractor y/o con el equipo de construcción		Puede utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores	No deben usarse
		Fmc				
		Fmg				
		Fmcg				
		Fmgc				
		Fc	Susceptible de acomodarse por bandeado con tractor y/o con el equipo de construcción		Puede utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores	No deben usarse
		Fcm				
		Fcg				
		Fcmg				
		Fcgm				

El proyecto deberá especificar aquellos casos en los que no sea posible construir por capas todo o parte del terraplén. Las mezclas de fragmentos roca y suelos donde predominen éstos podrán, en algunas ocasiones, ser susceptibles de compactarse con equipo especial, aunque no pueda determinarse el grado de compactación. Esto sólo podrá hacerse en el cuerpo del terraplén y el proyecto fijará el procedimiento a seguir en estos casos.

Fig. 1.7. Uso de suelos para terracerías de acuerdo con la clasificación del SUCS.

Tipo	Subtipos	Símbolo de grupo	Características para su acomodo	Pruebas especificadas para la determinación de los pesos volumétricos secos máximos	Recomendaciones de uso			
					Cuerpo de terraplén	Capa de subrasante en terraplenes y cortes		
SUELOS partículas menores de 7.6 cm (3plg)	Gruesos	GW	Susceptibles de compactarse con equipo especial,	Porter	En los casos de suelos en que por su baja cementación esté bien definida la prueba que debe aplicarse para determinar el peso volumétrico seco máximo. Se efectuarán, las pruebas Proctor SOP y Porter optando por aquella que dé un peso volumétrico seco máximo más alto.	90 % de compactación.	El proyecto deberá especificar aquellos casos en los que no sea posible construir por capas todo o parte del terraplén. Las mezclas de fragmentos roca y suelos donde predominen éstos podrán, en algunas ocasiones, ser susceptibles de compactarse con equipo especial, aunque no pueda determinarse el grado de compactación. Esto sólo podrá hacerse en el cuerpo del terraplén y el proyecto fijará el procedimiento a seguir en estos casos.	
		GP		Porter				
		GM		Porter				
		GC		Porter				
		SW		Porter				
		SP		Porter				
		SM		Porter				
	SC	Proctor SOP						
	Finos	Límite líquido menor de 50		ML				Porter para $Ip > 6$
				CL				Proctor SOP para $Ip > 6$
OL			Proctor SOP					
Límite líquido mayor de 100		MH ₁	Proctor SOP					
		CH ₁	Proctor SOP					
	OH ₁	Proctor SOP						
		MH ₂						
		CH ₂						
		OH ₂						
Altamente orgánicos	Turba	PL				No deben usarse	No deben usarse	

Nota: En cuanto a los porcentajes de compactación y de expansión de los suelos, que aparecen en el presente cuadro, se hace notar que puede haber algunas excepciones, en más o menos, que deberán ser objeto de estudios especiales y especificaciones complementarias.

Fig. 1.8. Uso de suelos para terracerías de acuerdo con la clasificación del SUCS.

CAPÍTULO 2

EL DRENAJE

En este capítulo se abordará lo referente al drenaje en los caminos, que como ya se mencionó es de gran importancia, ya que permite desalojar el agua de la superficie de rodadura y así evitar el deterioro de la misma; con lo que se ofrece seguridad a los usuarios que circulan por la vía.

2.1. Antecedentes de los drenajes.

Se han encontrado vestigios de sistemas de drenaje en civilizaciones tan antiguas como las del Valle del Indo; sin embargo, éstas eran superficiales y no subterráneas.

En el Imperio Romano el sistema era eficiente pero pestilente: la Cloaca Máxima, anterior a la época imperial, que todavía existe actualmente, constituye un ejemplo notable de la ingeniería sanitaria romana. Se utilizó preferentemente para desecar las aguas pantanosas del subsuelo.

La primera red de drenaje subterráneo se construyó en París, Francia en el Siglo XIX. Muchas ciudades de la Europa Central al lado de grandes ríos han tenido que construir grandes obras hidráulicas para el drenaje de las aguas fecales o servidas: tal es el caso de Viena, donde se canalizó una parte del Danubio para que sirviera de puerto fluvial y se construyó una extensa red de drenaje subterráneo.

2.2. Objetivo.

El objeto del drenaje de un camino es el reducir en un máximo posible la cantidad de agua que llega al mismo, así como dar rápida salida al agua que de una u otra forma llega al camino.

2.3. La cuenca hidrológica.

De acuerdo con Aparicio (1993), una cuenca es una zona de superficie terrestre en la que (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen en ella tienden a ser drenadas hacia un mismo punto de salida por el sistema de corrientes.

Desde el punto de vista de su salida existen dos tipos de cuencas que son: las exorreicas y endorreicas. Las *exorreicas* son aquellas en las que el punto de salida del agua esta dentro de los limites de la cuenca y esta en otra corriente o en el mar; y en las *endorreicas* el punto de salida se encuentra dentro de la cuenca y es por lo general un lago.

2.4. Precipitación.

Haciendo referencia a lo dicho por Monsalve (1999), la precipitación es un agregado de partículas acuosas, liquidas o sólidas, cristalizadas o amorfas que caen de una nube o grupo de nubes y que alcanzan la superficie terrestre.

2.4.1. Tipos de precipitación.

En general, las nubes se forman por el enfriamiento del aire por debajo de su punto de saturación. La intensidad y cantidad de precipitación dependerán del

contenido de humedad del aire y de la velocidad vertical del mismo. De estos procesos se derivan los diferentes tipos de precipitación:

1. *Precipitación ciclónica*. Es la que está asociada al paso de una perturbación ciclónica. Se presentan dos casos: frontal y no frontal.

2. *Precipitación convectiva*. Tiene su origen en la inestabilidad de una masa de aire más caliente que las circundantes. La masa de aire caliente asciende, se enfría, se condensa y se forma la nubosidad de tipo cumuliforme, origen de las precipitaciones en forma de chubascos o tormentas.

3. *Precipitación orográfica*. Es aquella que tiene su origen en el ascenso de una masa de aire, forzado por una barrera montañosa.

2.4.2. Intensidad de la precipitación.

La intensidad de la precipitación suele medirse en milímetros por hora, es decir, precipitación por unidad de tiempo. Cuando se trata de precipitaciones muy intensas se pueden medir en milímetros por minuto. Si se analizan todos los aguaceros que ha habido en un período suficientemente largo, resulta que los de mayor intensidad son los más breves, las mayores intensidades sólo se dan durante un período de tiempo muy corto, a medida que el tiempo va siendo mayor, la intensidad media del aguacero va disminuyendo.

2.4.3. Medida de la precipitación.

La precipitación se mide por la altura en milímetros que alcanzaría sobre una superficie plana y horizontal donde no se perdiera por infiltración o evaporación, y tal

altura se da en milímetros. Un milímetro de precipitación equivale a un litro de agua por metro cuadrado.

2.4.4. Aparatos de medida y registro.

Para la medida y registro de las precipitaciones se emplea un material de observación básico muy sencillo. A continuación se describen algunos aparatos para medir cantidades de precipitación:

a) Pluviómetros

El aparato que tradicionalmente sirve para medir la precipitación propiamente dicha es el pluviómetro. En un cilindro recto, de sección conocida, con un borde agudo horizontal (boca) y un dispositivo para recoger el agua (colector). Entre éstos por lo general existe un embudo (Figura 2.1)

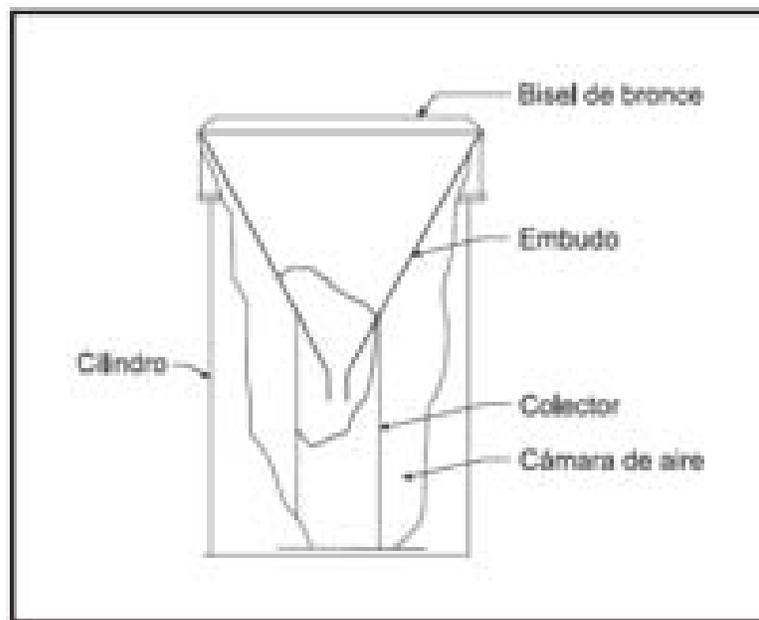


Fig. 2.1. Pluviómetro ordinario.

b) Nivómetros

Con los nivómetros se mide la nieve precipitada. Son necesarios cuando la cantidad de nieve es considerable y su función es más difícil. Son los mismos pluviómetros anteriores con algunas modificaciones.

c) Totalizadores

Tienen por objeto obtener en una sola medida la precipitación total caída en un cierto punto durante un largo período (un año hidrológico, un verano, un período de lluvias, etc.); existen diversos modelos que comúnmente coinciden en sus detalles generales de construcción y funcionamiento. Se instalan en lugares que sólo pueden visitarse con escasa frecuencia, normalmente una vez al año.

2.4.5. Cálculo de la precipitación media sobre un área

Para el cálculo de la precipitación media en una cuenca o un área, a partir de los datos de las estaciones meteorológicas (pluviométricas), pueden utilizarse varios procedimientos.

1. El primero y más simple es tomar como precipitación media la media aritmética de los valores observados en las distintas estaciones meteorológicas localizadas dentro de la cuenca. Para determinar la precipitación media de la cuenca con este método se aplica la expresión matemática siguiente:

$$P = \frac{\sum P_n}{n}$$

donde:

P precipitación media de la cuenca.

p_n precipitación media de cada estación meteorológica localizada dentro de la cuenca.

n número de estaciones meteorológicas localizadas dentro de la cuenca.

2. Un segundo procedimiento es el de los polígonos de Thiessen. La red poligonal se traza formando los polígonos mediante las perpendiculares en el punto medio a los segmentos que unen cada dos estaciones. Se supone que cada estación es representativa del área del polígono que la encierra, de manera que la precipitación media de la superficie limitada por cada polígono es la que se registra en la estación meteorológica correspondiente

Así, la precipitación media de la cuenca se obtiene sumando los productos de las precipitaciones de cada estación por el área del polígono correspondiente y dividiendo la suma entre el área total de la misma cuenca:

$$P = \frac{(p_1 a_1) + (p_2 a_2) + (p_3 a_3) + \dots + (p_n a_n)}{A}$$

$$P = \frac{\sum p_n a_n}{A}$$

donde:

P precipitación media de la cuenca,

p precipitación media de cada polígono (corresponde a la precipitación media de la estación limitada por cada polígono),

a área correspondiente a cada polígono.

A Área total de la cuenca

3. Un tercer procedimiento es el método de las isoyetas, que es el más preciso. Consiste en trazar isolíneas de igual precipitación (isoyetas). La precipitación media de la cuenca se calcula sumando los productos de las áreas comprendidas entre cada dos isoyetas, por su correspondiente precipitación media, y dividiendo la suma entre el área total de la cuenca. Cuando las isoyetas discurren paralelas, la precipitación media del área comprendida entre cada dos es la semisuma de los valores de éstas. Se emplea la siguiente expresión:

$$P = \frac{(p_1 a_1) + (p_2 a_2) + (p_3 a_3) + \dots + (p_n a_n)}{A}$$

$$P = \frac{\sum p_n a_n}{A}$$

en donde:

P precipitación media de la cuenca,

p precipitación media correspondiente al área comprendida entre cada dos isoyetas,

a área comprendida entre cada dos isoyetas.

A Área total de la cuenca

El área comprendida entre cada dos isoyetas se calcula mediante el empleo de papel milimétrico, del planímetro o de sistemas de información geográfica.

2.5. Escurrimiento e infiltración.

Según Aparicio (1993), el escurrimiento es el agua que proviene de la precipitación, y que circula a través de la superficie terrestre o debajo de esta y llega a una corriente para posteriormente ser drenada hasta la salida de la cuenca.

2.5.1. Tipos de escurrimiento.

El agua una vez que cae a la superficie sigue diversos caminos hasta llegar a la salida de la cuenca; dichos caminos se dividen en: escurrimiento superficial, escurrimiento subsuperficial y escurrimiento subterráneo.

El agua que fluye a traves de la superficie en su camino hacia la corriente mas próxima se sigue infiltrando e incluso se evapora en cantidades pequeñas. Una vez que llega a un cauce más definido se convierte en *escurrimiento en corrientes*. El flujo a traves del terreno junto con el escurrimiento en corrientes forman el *escurrimiento superficial*.

Una vez ocurrida la precipitación una parte del agua que escurre por la superficie, se infiltra en el subsuelo, este flujo de agua va cerca de la superficie del suelo y mas o menos paralelo al el. A esta parte del escurrimiento se le llama *escurrimiento subsuperficial*. A la otra parte del flujo que se infiltra más abajo del nivel freático se le llama *escurrimiento subterráneo*.

2.5.2 Hidrogramas.

En base a lo dicho por Aparicio (1993), si se mide el gasto que pasa durante todo un año por una determinada sección transversal de un río y se grafican los resultados obtenidos contra el tiempo se obtendrá un hidrograma.

Aunque los hidrogramas producidos por las tormentas particulares varían de una cuenca a otra y también dependiendo de la tormenta se pueden distinguir las siguientes partes de un hidrograma.

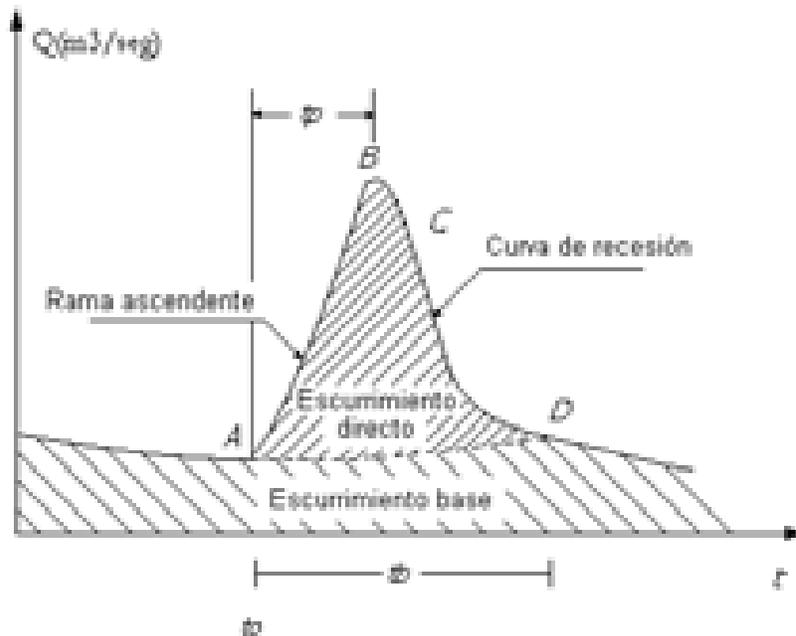


Fig. 2.1. Hidrograma aislado.

A: Punto de levantamiento. En este punto es cuando el agua producida por la tormenta comienza a llegar a la salida de la cuenca y se produce inmediatamente después de iniciada la tormenta, durante esta o incluso aun cuando a transcurrido algún tiempo desde que dejó de llover.

B: Pico. Es el gasto mas alto que se produce durante la tormenta y por lo general es el punto mas importante de un hidrograma para fines de diseño.

C: Punto de inflexión. Es prácticamente donde termina el flujo sobre el terreno y el resto del agua que queda en la cuenca escurre por canales y como agua subterránea.

D: Final del escurrimiento directo. De este punto en adelante el flujo del agua escurre solamente en forma subterránea.

T_p: Tiempo de pico. Es el tiempo que transcurre desde punto del levantamiento hasta el pico del hidrograma.

T_b: Tiempo base. Es el tiempo que dura el escurrimiento directo, es decir el tiempo que transcurre desde punto de levantamiento hasta el punto final del escurrimiento directo.

Rama ascendente. Es la parte que va desde el punto de levantamiento hasta el pico del hidrograma.

Rama descendente o curva de recesión. Es la parte que va desde el pico del hidrograma hasta el final del escurrimiento directo; si se toma solo a partir del punto de inflexión se le llama *curva de vaciado* de la cuenca.

El volumen total escurrido esta determinado por el área bajo la curva del hidrograma; y el volumen de escurrimiento directo es el área bajo el hidrograma y arriba de la línea de separación entre gasto base y directo.

2.5.3. Infiltración.

La infiltración es de importancia básica en la relación entre la precipitación y el escurrimiento, por lo que a continuación se introducen los conceptos que la definen, los factores que la afectan, los métodos que se usan para medirla y el cálculo de dicha componente en grandes cuencas.

2.5.3.1. Definición.

La infiltración es el proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. En una primera etapa satisface la falta de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie, y posteriormente superado

cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos.

2.5.3.2. Capacidad de infiltración.

Se denomina capacidad de infiltración a la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que conforma al suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo.

2.5.3.3. Ensayos de la infiltración.

Los métodos para medir la infiltración se dividen en métodos directos e indirectos.

Métodos directos: Valorar la cantidad de agua infiltrada sobre una superficie de suelo:

1. Lisímetros: Es un depósito enterrado, de paredes verticales, abierto en su parte superior y relleno del terreno que se quiere estudiar. La superficie del suelo está sometida a los agentes atmosféricos y recibe las precipitaciones naturales. El agua de drenaje es medida, al igual que la humedad y la temperatura del suelo a diferentes profundidades. Los inconvenientes son la necesidad de períodos largos, la reconstrucción del suelo no es adecuada ya que no se reproduce exactamente igual el proceso que el mismo sufrió debido al accionar de la naturaleza y el hombre.

2. Simuladores de lluvia: Aplican agua en forma constante reproduciendo lo más fielmente el acontecer de la precipitación. Las gotas son del tamaño de las de la lluvia y tienen una energía de impacto similar, comparándose los efectos. Varían en

tamaño, cantidad de agua necesaria y método de medición. El área de lluvia es variable entre 0,1 m² y 40 m². La diferencia entre precipitación y escorrentía representa la valoración del volumen infiltrado.

3. Infiltrómetros: Para realizar el ensayo de infiltración en el campo se utiliza el infiltrómetro. Es un aparato sencillo, de uno o dos tubos de chapa de diámetro fijo. Se clava en el suelo a una profundidad variable, se le agrega una cierta cantidad de agua y se observa el tiempo que tarda en infiltrarse.

al cilindro interior se entierra una punta, colocándose una determinada cantidad de agua por encima y repitiendo la medición en intervalos de tiempo y descenso del agua.

Métodos indirectos: Se determina la capacidad de infiltración considerando una cuenca perfectamente controlada, con datos precisos de precipitación, evaporación y escorrentía, se puede determinar la infiltración.

Ensayo de infiltración: Los ensayos de infiltración permiten conocer la variación de la capacidad de infiltración en función del tiempo, decreciente a medida que transcurre el mismo.

Los ensayos más simples y difundidos son los que se desarrollan con los anillos concéntricos. Los datos obtenidos de campo se vuelcan en una planilla registrándose las distintas alturas de agua y los tiempos correspondientes. Los intervalos de tiempo dependen del suelo donde se hace la medición:

2.6. Agua subterránea.

El agua subterránea es la que se encuentra dentro de la litosfera. A la parte de la hidrología que se ocupa del agua subterránea se le da el nombre de hidrogeología,

y aunque algunos autores también la llaman geohidrología, cabe mencionar que ésta se dedica exclusivamente a la hidráulica subterránea.

La hidrogeología estudia al agua subterránea, desde su origen, su movimiento, su distribución debajo de la superficie de la Tierra y su conservación.

Por lo que se refiere a la presencia del agua en el subsuelo, se ha comprobado que la mayor parte del agua subterránea se debe a la infiltración de agua de lluvia, aunque también hay agua subterránea debida a otros fenómenos como el magmatismo y el volcanismo (aguas juveniles) y las que resultan al quedar atrapadas en los intersticios de rocas sedimentarias en el momento en que se depositan éstas (aguas fósiles), pero su cantidad no es considerable en relación con las que provienen de la infiltración.

2.6.1. Distribución del agua en el subsuelo

En condiciones normales, la distribución de agua en el subsuelo ha sido dividida en dos zonas: la de aereación, también conocida como zona vadosa o no saturada y la de saturación.

1. Zona de aereación

Al agua contenida en la zona de aereación se le conoce con el nombre de agua suspendida, ésta es el agua vadosa, es decir, agua infiltrada que se dirige hacia el manto freático.

Comprende a su vez tres franjas: *la del agua del suelo, la intermedia y la capilar*. En la franja del agua del suelo se encuentran tres tipos de agua:

Agua higroscópica. Es la que el suelo absorbe y pasa a formar películas muy delgadas alrededor de las partículas que lo forman.

Agua capilar. Es la que existe en los intersticios del suelo debido a fenómenos de capilaridad. Esta es el agua que aprovechan muchas plantas para satisfacer sus necesidades.

Agua libre o de gravedad. Es la que se mueve bajo la influencia de la gravedad, una vez satisfecha la humedad del suelo. Hay ocasiones en que esta primera franja no existe.

En la *franja intermedia* el espesor varía desde cero hasta varios metros; es la que comunica a la franja del agua del suelo con la capilar.

La *franja capilar* es una capa humedecida por el agua que asciende de la zona de saturación debido a fenómenos capilares.

2. Zona de saturación

En la zona de saturación se encuentra el agua subterránea propiamente dicha; en esta región el movimiento del agua es más lento debido a que todos los poros e intersticios se encuentran ocupados por ella, y es de aquí de donde se extrae el agua para los diversos usos que le da el hombre.

La capa saturada es el *manto freático*, y la parte superior de ésta, es decir, el límite de la zona libre del agua que ocupa esta región, es la *superficie freática* que, por lo general, sigue débilmente las ondulaciones del terreno. Al agua que llega a esta zona se le llama *agua freática*.

La parte inferior de la zona de saturación está compuesta por una capa impermeable, la cual impide que el agua siga descendiendo.

2.6.2. Factores que condicionan la presencia y el movimiento del agua subterránea.

La presencia y el movimiento del agua subterránea están condicionados por ciertos factores entre los que se cuentan como más importantes la precipitación, la forma del terreno, la geología y la presencia o ausencia de vegetación.

a) Precipitación

Es importante considerar a la precipitación, si se toma en cuenta que la mayor parte del agua del subsuelo proviene de la infiltración de la lluvia. Las zonas lluviosas constituyen, en mayor o menor grado, zonas de alimentación del agua subterránea, por lo que en las zonas secas el agua subterránea no proviene de la infiltración directa, procede de regiones lejanas o cercanas, en donde la lluvia se infiltra y llega lentamente hasta ellas. La precipitación es muy importante en dos aspectos, en su cantidad y en su duración.

b) Forma del terreno

Este aspecto interesa a la hidrología tanto superficial como subterránea, ya que el relieve da lugar a la formación de las cuencas hidrográficas, indicando así el camino que seguirá el agua al caer a la superficie.

c) Geología

El aspecto geológico desempeña un papel muy importante en la hidrogeología, ya que la velocidad de movimiento depende de la estructura y composición litológica de las formaciones, para que el agua pueda transitar por el subsuelo. Las diferentes formaciones poseen ciertas propiedades que son definitivas

para poder constituir buenos acuíferos. Estas propiedades son la porosidad y la permeabilidad.

2.7. Drenaje de los caminos.

De acuerdo con Crespo (1993), el objeto del drenaje en los caminos es el reducir en lo máximo posible la cantidad de agua que llega al camino y también el dar una salida rápida al agua que de una u otra forma llega al mismo.

El prever un buen drenaje en los caminos es uno de los factores mas importantes a la hora de realizar un proyecto, de no hacerlo en una forma correcta se tendrán problemas posteriores, ya que la causa principal del deterioro de las carreteras es un drenaje inadecuado.

Para que un camino tenga un buen drenaje, debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas por el mismo, ya que esto puede ocasionar la formación de baches, También debe evitarse que el agua que circula por las cunetas se estanque ya que esto ocasionaría el reblandecimiento de las terrecerías provocando inestabilidad y asentamientos perjudiciales. Debe evitarse también que los cortes formados por materiales de mala calidad se saturen de agua lo que ocasionaría derrumbes y deslizamientos; y debe cuidarse además que el agua subterránea no reblandezca la subrrasante.

Generalmente se recomienda que los caminos sean trazados sobre suelos que sean estables y naturalmente drenados; sin embargo no siempre se puede elegir la ruta que se quiere por lo que el camino a menudo atraviesa varios tipos de suelos permeables unos y otros no, obligando con ello ala construcción de obras de drenaje que se adapten a las condiciones requeridas

2.8. Drenaje superficial.

En lo que se refiere al drenaje superficial se estudiarán los aspectos antes mencionados, que son: en primer lugar la manera de reducir en un mínimo el agua que llega al camino, mediante la captación de la misma y en segundo buscar la forma de dar una salida rápida al agua que llegó al camino. Para cumplir con estos objetivos es necesaria la construcción de obras de drenaje, como son las obras de *captación y defensa* tales como cunetas, contra-cunetas, bombeo, lavaderos, etc. también se requieren *obras de cruce* como alcantarillas, vados, puentes, etc. Dichos conceptos se describen a continuación.

2.8.1. Cunetas.

Según Crespo (1993), son zanjas que se hacen a ambos lados del camino para recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino o todo el camino cuando son curvas, así como recibir el agua que escurre por los cortes y en ocasiones la de áreas adyacentes.

La sección transversal de las cunetas generalmente es triangular o trapezoidal, las dimensiones, la pendiente y otras características de las cunetas se determinan mediante el flujo que escurrirá por ellas y su diseño se basa en los principios de flujo en los canales abiertos. Generalmente las dimensiones de las cunetas las determina el Ingeniero basándose en las condiciones climáticas, topográficas y geológicas del lugar, de preferencia por medio de la comparación con otros lugares donde se ha experimentado el uso de las cunetas. Es conveniente no hacer cambios de sección de la cuneta no solo por cuestiones de estética y seguridad sino con el fin de hacer fácil su construcción y mantenimiento. Las cunetas como ya se mencionó se hacen

en forma de V o trapecial; generalmente el tirante se hace de 30cm a 45 cm., el talud del lado del camino es de 2:1 y el del lado opuesto 1.5:1 y “el desnivel mínimo bajo la subrasante en cualquiera de los casos será de 30 centímetros y el máximo de 90 centímetros con el fin de que no sea muy peligrosa”. (Crespo; 000; 144).

Hay una cuneta llamada *cuneta tipo* (fig.2.2.) que tiene talud del lado del camino 3:1 y de 1.5:1 del lado exterior con un tirante de agua de 30 cm.

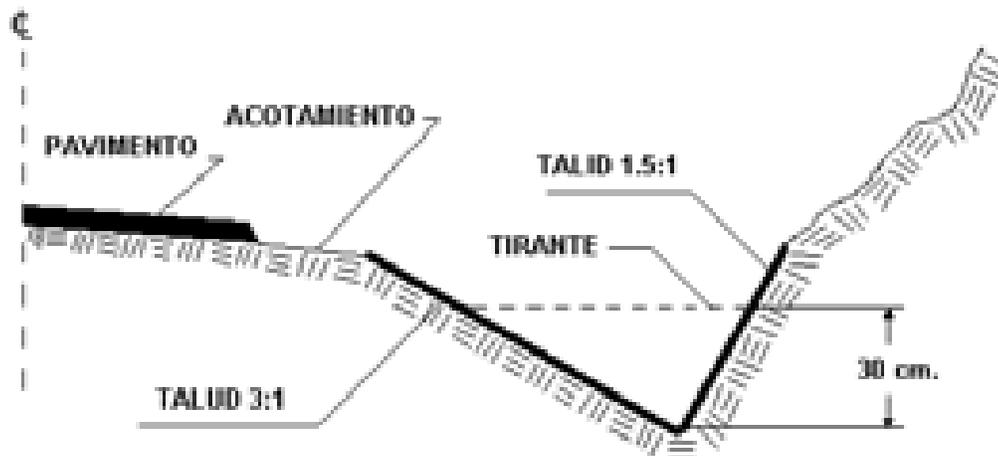


Fig. 2.2. Cuneta tipo.

2.8.2. Contracunetas.

Son zanjas que se construyen en lugares convenientes para evitar que llegue a las cunetas más agua que aquella para la que fueron proyectadas, su función consiste en recoger el agua que se dirige al camino proveniente de zonas más lejanas. Las contracunetas son colocadas a una distancia aproximada de 5 m del talud de corte y transversalmente a la pendiente del terreno para interceptar el agua y alejarla de los terraplenes y cortes. Las contracunetas se calculan igual que las cunetas y generalmente son de sección trapecial.

2.8.3. Bombeo.

“Se denomina *bombeo* de un camino a la forma de la sección transversal del mismo y que tiene como fin principal el drenar hacia los lados el agua que cae en el camino mismo” (Crespo; 1993; 147).

El bombeo que debe darse a los caminos depende básicamente del tipo de superficie, la facilidad de circulación de los vehículos y el aspecto del camino. En nuestro país el valor mas usual para el bombeo es del 2% para caminos asfaltados y 1.5% para caminos de concreto hidráulico

2.8.4. Lavaderos o vertedores.

Un lavadero o vertedor es una cubierta o delantal hecha de mampostería de concreto o piedra que sirve para el desfogue de una corriente de agua proveniente de los taludes o terraplenes, alejándola del camino de tal forma que no cauce erosión en el mismo.

2.8.5. Obras de cruce (alcantarillas).

Menciona Crespo (1993), que las obras de cruce también llamadas de drenaje transversal se usan para dar paso rápido al agua, que por no poder desviarse en otra forma tenga que cruzar el camino de un lado a otro. Las alcantarillas y puentes están comprendidas dentro de las obras de cruce, y la diferencia principal entre puente y alcantarilla es que las alcantarillas tienen un colchón de tierra encima de ellas y los puentes no. Las partes de una alcantarilla son: el cañón y los muros de cabeza. El cañón forma el canal de la alcantarilla y es la parte principal de la estructura. Los muros de cabeza sirven para impedir la erosión alrededor del cañón, para guiar la corriente y evitar que el canal se invadido por el terraplén.

Las alcantarillas se colocan generalmente en el fondo del cauce; al localizarlas alcantarillas se debe tener cuidado de no forzar el cauce a pasar normalmente al camino, ya que al hacer grandes desviaciones del cauce este puede causar erosión en la alcantarilla lo que resultaría mas costoso que si se hubiera respetado el cauce natural. Sin embargo cuando el esviajamiento de una corriente sea menor o igual a 5° es conveniente hacer el cruce en forma perpendicular, haciendo una pequeña rectificación al cauce como se muestra en la siguiente figura

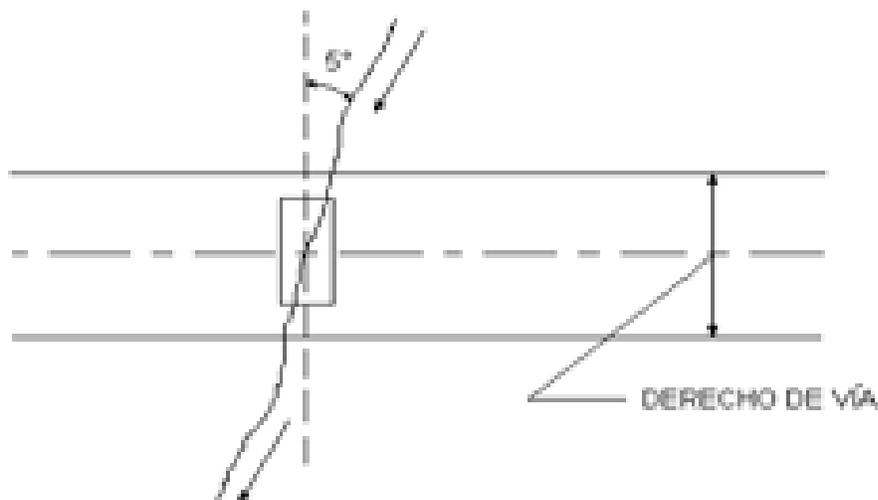


Fig.2.3.Cruce de una corriente por un camino.

En los casos en, los que la dirección de la corriente forme con la normal al eje del camino un ángulo mayor a 5° es preferible alinear la alcantarilla con la dirección del cauce aunque se tenga una obra mas larga y costosa, como se muestra en la figura.

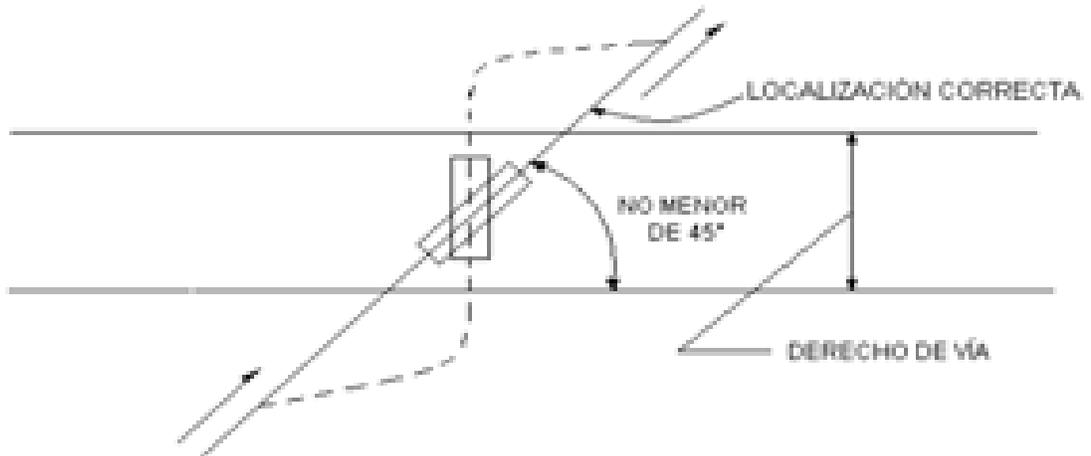


Fig.2.4.Cruce de una corriente por un camino.

Es muy conveniente cuando se tienen cunetas muy largas en un camino colocar una alcantarilla de alivio cada 100 m para aliviar la cuneta.

a) Tipos de alcantarillas.

De acuerdo a su forma y material las alcantarillas se clasifican como sigue:

1. *Alcantarillas de tubo.* Que pueden ser de concreto reforzado, fierro fundido, lamina corrugada y barro vitrificado.
2. *Alcantarillas de cajón.* Son de concreto reforzado sencillas o múltiples.
3. *Alcantarillas de Bóveda.* Son de concreto simple o mampostería, sencillas o múltiples.
4. *Alcantarillas de losa.* Son de concreto reforzado.

En cuanto a la cimentación cuando se tiene un suelo firme y seco se puede usar cualquiera de las alcantarillas ya mencionadas; cuando el suelo es húmedo el tipo cajón es el más adecuado. Aunque si se colocan tubos de concreto o de barro se debe de hacer sobre una capa de material mas resistente que el suelo. Cuando se

deban colocar sobre lodazales o arenas movedizas del más adecuado es el de lámina corrugada o el tipo cajón.

b) Pendiente de la alcantarilla.

Se recomienda que la pendiente de la alcantarilla sea la misma que la de el lecho de la corriente; aunque en casos en los que la pendiente es muy fuerte debido a que la alcantarilla esta localizada en un terreno montañoso es preferible reducir la pendiente y construir a la salida, sobre el talud del terraplén un lavadero para llevar el agua hasta el terreno natural; esto debido a que si se siguiera la pendiente que trae la corriente se tendría que hacer una estructura muy larga y costosa ya que la intersección de la alcantarilla con el talud del lado de aguas abajo del terraplén quedaría muy alejada del centro del camino.

c) Longitud de las alcantarillas.

La longitud de una alcantarilla debe ser lo suficiente larga en el cañón de modo que los deslaves en el terraplén producidos por las lluvias no lleguen a taparlas. La longitud de una alcantarilla depende del ancho de corona del camino, la altura del terraplén, de su talud del mismo, y del ángulo de esviajamiento.

2.9. Drenaje subterráneo.

El drenaje subterráneo de acuerdo con Crespo (1993), consiste en proporcionar ductos de drenaje adecuados para poder controlar el escurrimiento del agua subterránea de una forma rápida.

Cuando en un lugar se requiera drenaje subterráneo o subdrenaje como también se le llama, deben seguirse los principios de la ingeniería para su solución ya que cada lugar representa un caso particular y diferente; por lo que debe dársele toda la atención que merece al drenaje subterráneo ya que de él depende en gran parte la seguridad y estabilidad del camino.

A continuación se verán las obras de drenaje subterráneo que se utilizan para evitar que el agua llegue al camino y para desalojar la que ha llegado al mismo.

2.9.1. Zanjas.

Las zanjas se han venido usando en caminos construidos en zonas bajas; colocándolas a unos metros al lado del camino y paralelas a él. Las dimensiones más comunes de las zanjas son de 0.60 m. de base y de 0.90 m. a 1.20 m. de profundidad. La elección de las zanjas como drenaje subterráneo de un camino debe hacerse con cuidado estudiando los materiales y el mantenimiento que se dará a la misma durante el tiempo que va a funcionar, además de procurar no ponerlas en todas partes, ya que cuando están cerca del camino pueden ser peligrosas para los conductores si estos llegaran a salirse del acotamiento, y además son de mal aspecto.

2.9.2. Drenes ciegos.

Son zanjas rellenas con piedra quebrada o grava y sus dimensiones son de 0.45 m. de ancho y de 0.60 m a 0.90 m de profundidad. Es uno de los subdrenajes más empleados y su uso es satisfactorio durante mucho tiempo si se les construye en forma correcta. Cuando se utilizan los drenes ciegos paralelos al camino se colocan bajo las cunetas y a cada lado del mismo.

Al construirse se debe tener cuidado de colocar en el relleno material graduado para evitar el azolve, ya que en los aguaceros fuertes por lo general el agua viene cargada con lodo, además para que los drenes ciegos funcionen correctamente se les debe dar una pendiente uniforme y que desfogue en una salida adecuada.

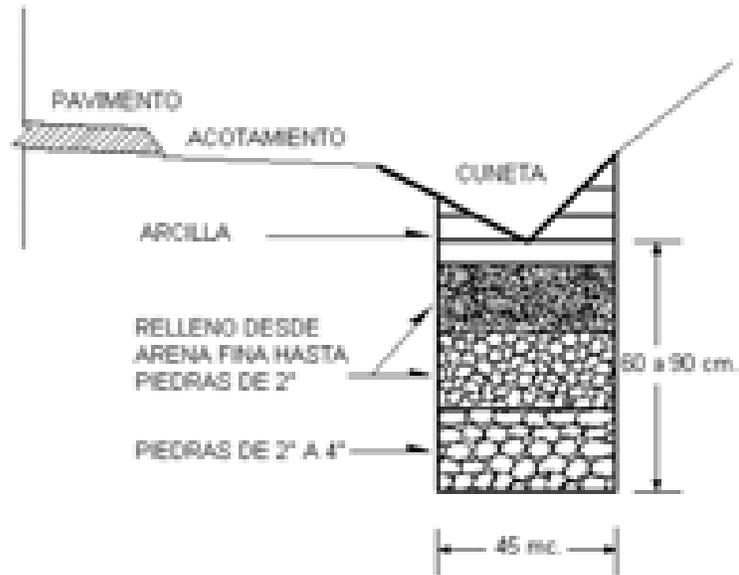


Fig. 2.5. Dren ciego

2.9.3. Drenes de tubo.

Generalmente para el drenaje subterráneo de caminos, el uso de drenes de tubo de concreto o barro es muy superior al de zanjas abiertas o drenes ciegos. A continuación se muestran las partes que componen los drenes de tubo

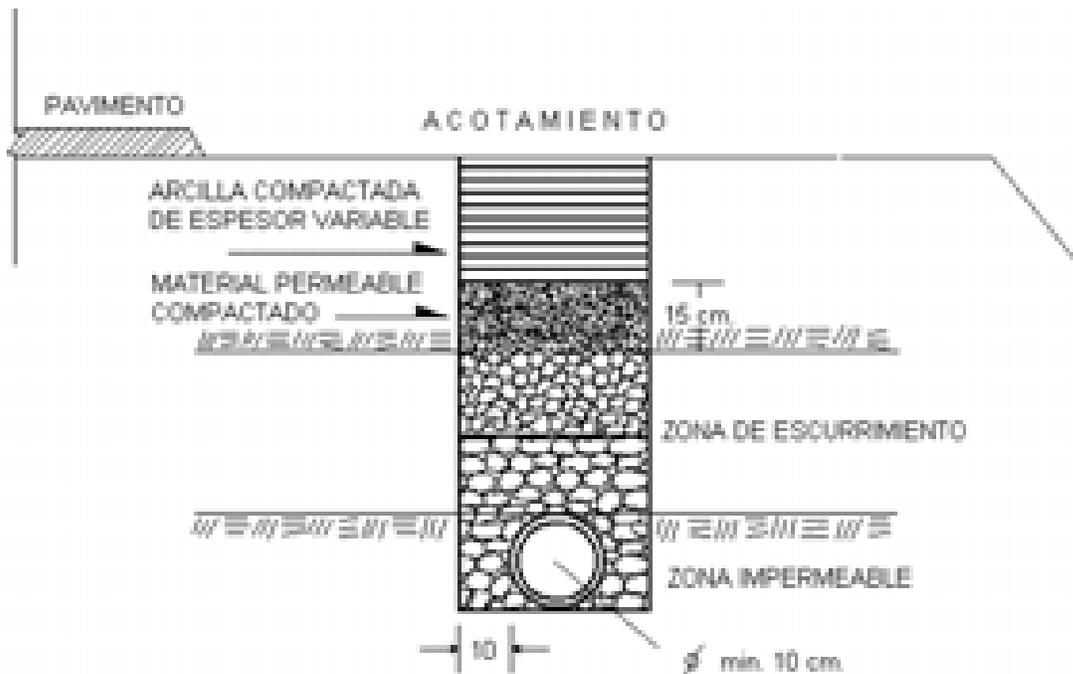


Fig. 2.6. Dren de tubo

Para saber el área que un tubo de drenaje subterráneo drenara, es necesario saber hasta que distancia a cada lado del tubo influenciará éste para abatir el nivel freático. Se ha observado que esta distancia depende del tipo de suelo la cual va desde 9 m a cada lado para arcillas compactadas hasta 60 m a cada lado en terrenos muy sueltos. Aunque como dato practico puede decir que la mayoría de los terrenos que ocupan drenaje subterráneo abarcan una zona drenada de 15 m de ancho. También como dato práctico se ha observado que bajo las condiciones encontradas en los caminos, es suficiente un tubo de 4" y rara vez uno de 6"; no se recomienda el uso de tubos menores a 4" ya que se azolvarían fácilmente.

2.9.4. Secuela en el proyecto del drenaje subterráneo.

Para poder fijar los requisitos de un adecuado drenaje subterráneo, lo primero que hay que hacer es localizar el agua subterránea que esta causando o causara los problemas, saber de donde emana y hacia donde se inclina la capa freática. Para ello se necesitan muestreos en distintos puntos del terreno para poder clasificar en cada lugar el tipo de suelo y su humedad a distintos niveles. también se requieren levantamientos de perfiles y secciones transversales. A continuación se indican los datos de campo necesarios para realizar el proyecto:

a) Plano del lugar a escala, indicando:

1. La distancia de la línea del centro del camino al pie del talud del terraplén; a la cima del talud de corte y el eje de las cunetas.
2. Localización y dimensiones de las obras de drenaje existentes.
3. Localización de banquetas, lugares impermeables, entradas a las propiedades adyacentes, cercas, etc.
4. Localización de los sondeos.

b) Perfiles de:

1. línea de centro del camino.
2. Nivel del agua en las cunetas tanto en creciente como normalmente
3. Nivel del agua en creciente como normal en obras de drenaje superficial.

c) Secciones transversales indicando:

1. Curvas De nivel de los estratos superficiales y subterráneos.

2. Elevación del nivel freático y del estrato acuífero.
3. Clasificación de los estratos del terreno.
4. Ancho del pavimento del camino.
5. Ancho del terraplén en la corona.

2.10. Calculo de alcantarillas.

2.10.1. Área hidráulica de las alcantarillas.

Según Crespo (1993). Se trata de permitir que pase el máximo caudal de agua que haya en cada caso, sin que el paso del agua cause daños al camino o a la estructura misma. Hay cinco métodos para calcular el área hidráulica de una alcantarilla y se mencionan a continuación.

1. *Procedimiento por comparación.* Sea plica cuando se va a construir una alcantarilla nueva en la misma parte donde ya había otra, o cerca de otra que se encuentra en el mismo arroyo. Como su nombre lo indica se trata de hacer una comparación con la alcantarilla ya existente para saber los niveles máximos que el agua alcanzado y saber el funcionamiento que ha tenido en el pasado dicha alcantarilla.
2. *Procedimiento empírico.* Se usa cuando en el lugar que se piensa construir la estructura no se ha construido ninguna alcantarilla antes y por lo tanto no hay datos del gasto del arroyo ni datos de precipitación pluvial. Este método consiste en el empleo de formulas empíricas como la Talbot, para determinar el área hidráulica en función del área a drenar y de las características topográficas de la cuenca.

3. *Procedimiento de sección y pendiente.* Consiste en determinar el gasto del cauce definiendo secciones hidráulicas y la pendiente del arroyo. Con estos datos y la fórmula de Manning se obtiene la velocidad que multiplicada por el área hidráulica correspondiente nos da el gasto máximo para el cual se debe construir la alcantarilla.

4. *Procedimiento de la precipitación pluvial.* Consiste en proyectar la alcantarilla para el paso a una cantidad de agua determinada por el escurrimiento probable de agua de lluvia. Para llevar a cabo este procedimiento es necesario saber la precipitación pluvial, topografía y tipo de suelo del lugar.

Para saber el gasto máximo se aplica la fórmula de Burkli-Zieger.

$$Q = 0.022 CIA \sqrt[4]{SIA}$$

4. *Método racional.* Consiste en determinar el gasto mediante una fórmula que dice que éste es igual a un porcentaje de la precipitación pluvial multiplicada por el área tributaria

$$Q = 27.52 CIA$$

Generalmente se proyectan las obras de drenaje para que no trabajen como conducto lleno, ya que de lo contrario se corre el riesgo de tener inundaciones

2.10.2. Cargas vivas en las alcantarillas.

Son aquellas debidas al peso del equipo de construcción antes de estar en funcionamiento o debidas al peso de los vehículos cuando el camino esta en uso. Las cargas vivas pueden ser móviles o estáticas: las primeras producen impacto y las segundas ocasionan vibraciones por ejemplo cuando un avión calienta motores en la cabecera de una pista de un aeropuerto. Las cargas vivas y de impacto no son de mucha consideración si la alcantarilla no esta tan cerca de la subrasante.

2.10.2. Cargas muertas en las alcantarillas.

Son las cargas a las que los conductos enterrados quedan sometidas al entrar en funcionamiento y son debidas al peso del suelo que esta sobre ellas.

Cuando los tubos de alcantarillas se instalan en zanjas, se ha observado que la carga del suelo que actúa sobre el tubo esta en función de la anchura de la zanja es decir, que entre mas ancha sea la zanja mayor será la carga sobre el tubo.

2.11. Puentes.

De acuerdo con Crespo (1993), un puente es una estructura que se utiliza para que una vía de comunicación pueda salvar un río, una depresión del terreno u otra vía de comunicación. Los puentes pueden ser de distintos materiales como madera, ladrillo, piedra, concreto simple o reforzado y fierro estructural. Los puentes son estructuras de más de seis metros de largo y no llevan colchón de tierra encima de ellos, las partes que lo constituyen son: la superestructura, subestructura y la infraestructura.

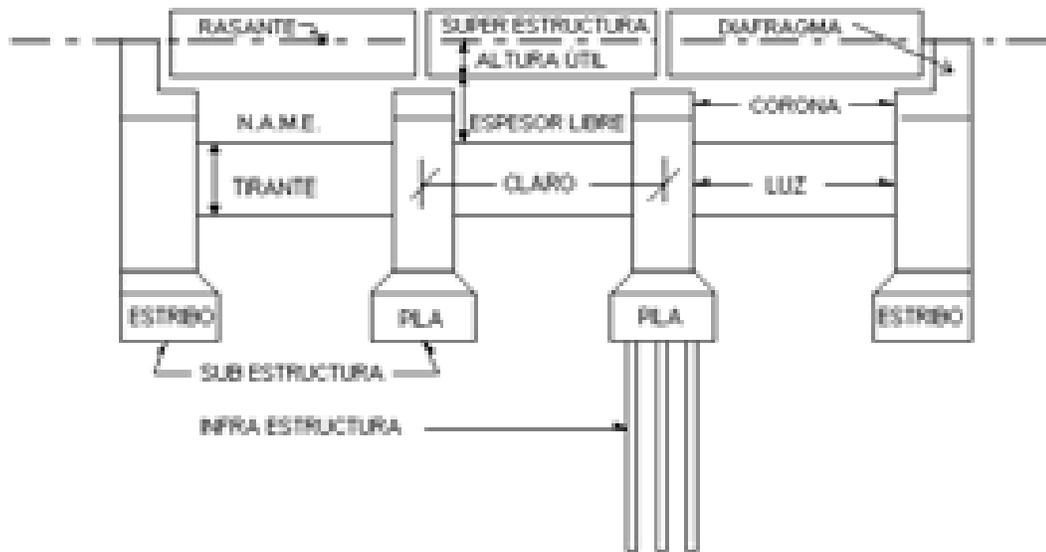


Fig. 2.7. Componentes de la estructura de un puente.

La superestructura; es la parte de la estructura encargada de transmitir las cargas muertas y vivas a los apoyos, y esta puede estar formada por piso de madera sobre largueros de madera, losa de concreto armado sobre trabes de fierro estructural, losas de concreto armado sobre nervaduras de fierro estructural, arcos de mampostería o concreto, arcos metálicos, armaduras de fierro, etc.

La subestructura la compone la parte que soporta el puente y que transmite las cargas a la cimentación esta puede estar formada por pilas y estribos de mampostería, pilas y estribos de concreto armado, caballetes de madera o de concreto, torres metálicas sobre pedestales de concreto, etc.

La infraestructura la conforma la cimentación del puente, encargada de transmitir las cargas al suelo, y pueden ser pedestales de mampostería o de concreto, pilotes, cilindros de fricción, etc.

2.11.1. Clasificación de los puentes.

Según su uso se clasifican en puentes para caminos, ferrocarriles, mixtos, canales y para peatones; según su duración pueden ser provisionales o definitivos; por su condición en fijos, móviles o desmontables; por la forma del cruce en normal y diagonal; y si el puente cruza otra vía puede ser paso superior o inferior.

Los estudios necesarios para llevar a cabo el proyecto de un puente se dividen en cuatro grupos: Estudios topográficos, hidráulicos, geológicos y comerciales.

Aunque para que un puente sea factible de construir se tomara en cuenta que se necesita una altura de 24.6 m de terraplén como mínimo para que convenga construir un puente en vez de un terraplén de acceso.

2.11.2. Cargas actuantes

Los puentes deben ser diseñados para soportar las siguientes cargas:

1. Cargas muertas.
 2. Cargas vivas.
 3. Efectos dinámicos o de impacto sobre la carga viva.
 4. Fuerzas laterales.
 5. Otras fuerzas cuando existan como: fuerzas longitudinales, centrifugas y térmicas.
1. *Cargas muertas.* Están constituidas por el peso propio de la estructura, el cual se puede suponer según las experiencias pasadas y de acuerdo con la magnitud de la estructura.
 2. *Cargas vivas.* Son las ocasionadas por los vehículos que circulan por el puente y se consideran principalmente tres tipos de vehículos, H-20, H-15

y H-10, de 20, 15 Y 10 toneladas respectivamente. Este peso es repartido en un 80% en las ruedas delanteras un 20% en las traseras.

3. *Efectos dinámicos o de impacto sobre la carga viva.* Este efecto se logra cubrir haciendo un incremento en los esfuerzos debidos a las cargas vivas, mediante la siguiente formula.

$$I = \frac{50}{L+125}$$

I = Incremento en los esfuerzos debidos a la carga viva.

L = Longitud, en pies, de la parte del claro cargado para producir el esfuerzo máximo.

4. *Fuerzas laterales.* Son las cargas debidas al efecto del viento tanto sobre la estructura como sobre los vehículos que circulan y provocan una fuerza lateral ala estructura.
5. *Fuerzas longitudinales.* Son debidas a la fuerza de frenado y se consideran como un 10% de la carga viva, actuando a 1.20 m del piso.

2.11.3. Pilas y estribos de puentes.

a) Pilas.

Una pila es la parte de la subestructura que recibe el peso de dos tramos de la superestructura, y tiene la función de transmitir y repartir las cargas de modo que no excedan el esfuerzo admisible del terreno. Las pilas deben causar la menor perturbación posible al paso del agua, por lo que su forma regularmente es

rectangular con triángulos o segmentos de círculo en los extremos llamados “tajamares”.

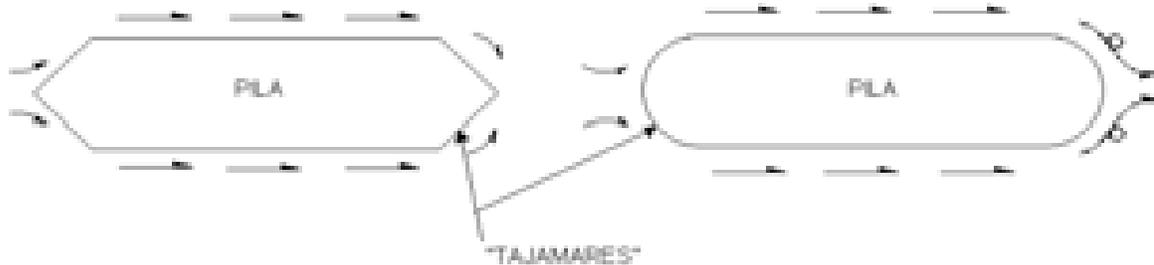


Fig. 2.8. “Tajamares” de una pila

Las partes principales que componen una pila son:

Corona. Es la parte que recibe la carga directamente de la superestructura y la transmite al cuerpo.

Cuerpo. Tiene la función de ligar y transmitir las cargas de la corona a la zapata.

Zapata. Se encarga de transmitir las cargas al suelo de modo que no se exceda el esfuerzo permisible del mismo.



Fig. 2.9. Partes de una pila

Para que una pila se mantenga estable es necesario proyectarla contra el volcamiento, deslizamiento y aplastamiento.

b) Estribos de puentes.

Los estribos son estructuras en los extremos de un puente, hechos con el fin de transmitir cargas de la superestructura a la cimentación y sirve además como soporte lateral del terraplén. Está conformado por una pared frontal y dos en forma de ala.

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se hablara de las características del lugar donde se encuentra ubicado el tramo en estudio, señalando su localización, estado actual (avalado con fotografías), entorno geográfico, así como el tipo de transito que circula por el lugar; y además se presentaran alternativas de solución a la problemática encontrada.

3.1. Generalidades.

En este tema se hablara del Estado y municipio donde se encuentra ubicado el tramo, señalando la ubicación, extensión y colindantes del Estado de Michoacán y del municipio de Carácuaro. También se mencionan la ubicación y kilometraje del tramo el Tepehuaje – Las Guacamayas, así como las localidades que atraviesa y el tipo de servicio o clasificación del camino en cuestión.

3.1.1. Estado de Michoacán

De acuerdo con la pagina de Internet www.michoacan.gob.mx, el estado de Michoacán se encuentra hacia la porción centro - oeste de la República Mexicana, entre las coordenadas 20°23'27" y 17°53'50" de la latitud norte y entre 100°03'32" y 103°44'49" la longitud oeste del meridiano de Greenwich.

Michoacán colinda al norte con los estados de Jalisco y Guanajuato, al noroeste con el estado de Querétaro, al este con los estados de México y Guerrero, al oeste con el Océano Pacífico y los estados de Colima y Jalisco, al sur con el Océano Pacífico y el estado de Guerrero.



Fig. 3.1. Ubicación del estado de Michoacán en la República Mexicana. Tomado de www.michoacan.gob.mx

Tiene una superficie de 58,836.95 kilómetros cuadrados, que representa el 3.04 % de la extensión del territorio nacional. Por su extensión territorial ocupa el décimo sexto lugar nacional. La entidad cuenta con 213 km. de litoral y 1,490 km. cuadrados de aguas marítimas.

3.1.2. Municipio de Carácuaro

Según la página de Internet www.municipiosmich.gob.mx, Carácuaro se localiza al sureste del Estado de Michoacán, en las coordenadas 19°01' de latitud norte y en los 101°08' de longitud oeste, a una altura de 540 metros sobre el nivel del

mar. Limita al norte con Nocupétaro y Madero, al este con Tiquicheo, al sur con Huetamo y al oeste con Turicato y Nocupétaro. Su distancia a la capital del Estado es de 135 kms.



Fig. 3.2. Ubicación del Municipio de Carácuaro en el Estado de Michoacán. Tomado de www.municipiosmich.gob.mx

Tiene una superficie de 981.11 Km² que representa el 1.66 por ciento de la superficie del Estado. Al municipio se llega por la carretera pavimentada Carácuaro-Nocupétaro (5 kms.), Carácuaro-Eréndira (44 kms.). Los demás caminos son brechas o caminos revestidos. Cuenta con servicio telefónico, telégrafos y correo.

3.1.3. El Camino de estudio.

El tramo Tepehuaje – Las guacamayas se encuentra ubicado en el municipio de Carácuaro, Michoacán a 13.4 km. de la cabecera municipal y comprende la carretera Tepehuaje – Las guacamayas del km. 0+000 al km. 3+000; estando el

kilómetro 0+000 en el Tepehuaje. Dentro de la zona en estudio se encuentran las localidades de Rancho Viejo y Los Ejes; así como la desviación hacia la localidad El Guayabito. De acuerdo con las características del tramo y número de vehículos que circulan por la vía, se clasifica como tipo C.

3.2. Resumen ejecutivo.

Después de conocer el tramo que se revisara, se realizó una investigación documental de los diversos factores que intervienen en la construcción de un camino, así como de las condiciones geográficas del lugar donde se encuentra el tramo, en seguida se realizó la investigación de campo la cual consistió en una visita al lugar; en la cual se comenzó por hacer un recorrido de todo el tramo para detectar las fallas que presenta, enfocándose principalmente al drenaje superficial. Se tomaron fotografías en las que se pueden apreciar la problemática que presenta el tramo. Se encontró que la mayoría de los lavaderos se encuentran en mal estado, que algunas de las cunetas no se construyeron adecuadamente por lo que están azolvadas y se están deteriorando constantemente; además no se construyeron contracunetas por lo que hay algunos derrumbes en el camino. También se observó que en el kilómetro 1+200 se tienen problemas de bombeo ya que se forman espejos de agua que deterioran la carpeta asfáltica el mismo problema ocurre en varias partes del Km. 2+000 al Km. 3+000, en el que hay varias grietas en la carpeta asfáltica. El tipo de alcantarillas encontradas en el tramo son las de losa y una de bóveda.

También se llevó a cabo un aforo vehicular en (el cual se presentará más adelante) para saber el tipo y número de vehículos que circulan por la zona

encontrándose que por lo general son vehículos de carga ligera y es un camino muy poco transitado.

En base a la problemática encontrada se revisara el sistema de drenaje que se propuso en el proyecto original, revisando ubicación y dimensiones de las estructuras de drenaje así como el bombeo; para saber si son las adecuadas y el por que se presentan los problemas que se mencionaron anteriormente; para esto se realizaran cálculos apoyándose en los programas de Autocad y Civilcad para determinar la cuenca hidrológica así como los niveles topográficos que permitan determinar la avenida de diseño y la ubicación de las estructuras de drenaje.

A continuación se determinan la ubicación y dimensiones de las distintas estructuras requeridas para el buen funcionamiento del drenaje, y se realiza la comparativa con el sistema de drenaje propuesto en el proyecto original; para con esto elaborar las conclusiones y responder a la pregunta de investigación para cumplir con el objetivo general mencionado al principio de esta tesis.

3.3. Entorno geográfico.

En el presente tema se abordara la macro y microlocalización de la zona de trabajo y de la región del Municipio de Carácuaro, se estudiará la topografía, la geología, la Hidrología y el uso del suelo de esta región.

3.3.1. Macro y microlocalización.

El municipio de Carácuaro esta ubicado al sureste del Estado de Michoacán, y se encuentra a una altura de 540 metros sobre el nivel del mar. La zona en estudio se encuentra ubicada a 13.4 km. de la cabecera municipal y comprende el tramo

Tepehuaje – Las guacamayas del Km. 0+000 al Km. 3+000, estando el Km. 0+000 en el Tepehuaje.



Fig. 3.3. Ubicación del TRAMO Tepehuaje – Las Guacamayas en el Estado de Michoacán. Tomado de www.michoacan.gob.mx.

De acuerdo con la pagina de Internet www.michoacan.gob.mx, la Fig. anterior se observa la zona del estado de Michoacán en la que se encuentra el tramo

carretero que se analizara; y que se vera mas a detalle en el mapa de microlocalización que se presenta a continuación.



Fig. 3.3. Ubicación del TRAMO Tepehuaje – Las Guacamayas en la región de Carácuaro.

En la microlocalización representada por la figura anterior se puede observar mas a detalle la localización del tramo que se analizara, pudiéndose ver los kilometrajes que comprende, así como las localidades involucradas en el proyecto.

3.3.2. Topografía regional y de la zona en estudio.

En la topografía de la región de Carácuaro, su relieve los constituyen las estribaciones meridionales del Sistema Volcánico Transversal, y los cerros de Santa Teresa, San Francisco, Pílon y Zacapungamio. Lo anterior de acuerdo con www.municipiosmich.gob.mx.

3.3.2. Geología regional y de la zona en estudio.

Tomando como referencia lo encontrado en la página de Internet www.municipiosmich.gob.mx, las formaciones geológicas del municipio datan del período mesozoico, jurásico y pertenecen principalmente a los del tipo pradera, montaña y chernozem.

El tramo que se está analizando se encuentra en el municipio de Carácuaro, y como se puede ver en la fig. 3.4 esta región se divide en tres zonas geológicas: las del periodo Mesozoico Jurasico, Metamórfica, la del periodo Cenozoico Terciario, Ígnea Extrusiva y del periodo Cenozoico Terciario, Sedimentaria. En particular el tramo de estudiado se encuentra en la zona Mesozoico Jurasico, Metamórfica.



Fig. 3.4. Mapa geológico del estado de Michoacán. Tomado de <http://mapserver.inegi.org.mx>.

3.3.2. Hidrología regional y de la zona en estudio.



Fig. 3.4. Regiones Hidrológicas del estado de Michoacán. Tomado de <http://mapserver.inegi.org.mx>.

De acuerdo con la fig. 3.5, el municipio de Carácuaro pertenece a la región hidrológica del Balsas y las cuencas Río Cutzamala y Río Tacámbaro. En particular el tramo Tepehuaje – Las guacamayas, se encuentra dentro de la cuenca del Río Tacámbaro.

En cuanto a los ríos y arroyos, de acuerdo con www.municipiosmich.gob.mx, en la región se encuentran el río de Carácuaro y los arroyos Chaparicuaro y Quino.

El clima en la región es de tipo tropical con lluvias en verano; y temperaturas que oscilan de 19.7 a 33.4 grados centígrados, y una precipitación pluvial anual es de 749.3 milímetros.

3.3.2. Uso del suelo regional y de la zona en estudio.

De acuerdo con la página www.municipiosmich.gob.mx, los suelos del municipio datan del período mesozoico, jurásico y son principalmente del tipo pradera, montaña y chernozem. El uso primordial que se le da al suelo en la región es del tipo ganadero y en menor proporción agrícola y forestal. En la zona de estudio la actividad es la Agricultura y ganadería.

La vegetación del municipio y de la zona en la que se encuentra el tramo en estudio la constituyen en forma predominante el bosque tropical con parota y tepehuaje. Se cuenta con una superficie forestal de maderables ocupada por pino, y en el caso de no maderable, por arbustos y otras especies. Su fauna esta conformada por el coyote, conejo, venado, zorro, zorrillo, tejón, armadillo, zopilote, güilota, calandria y cuervo.

3.4. Informe fotográfico.

En este apartado se presenta un informe fotográfico, en el que se aprecian las condiciones actuales del camino, y la problemática que se tiene, así como el tipo de vegetación y características físicas encontradas. También se podrá observar el tipo de estructuras para el sistema de drenaje utilizado y el tipo de vehículos que circulan por la zona.

3.4.1. Estado físico actual.



Fotografía A

En la fotografía A se puede ver que en general la superficie de rodamiento del camino está en buen estado y que cuenta con obras de drenaje superficial como cunetas.



Fotografía B

Aquí se aprecia como el camino cuenta con lavaderos para el escurrimiento del agua superficial, aunque en algunos tramos estos no se encuentran en buen estado lo que provoca erosión en los terraplenes.



Fotografía C

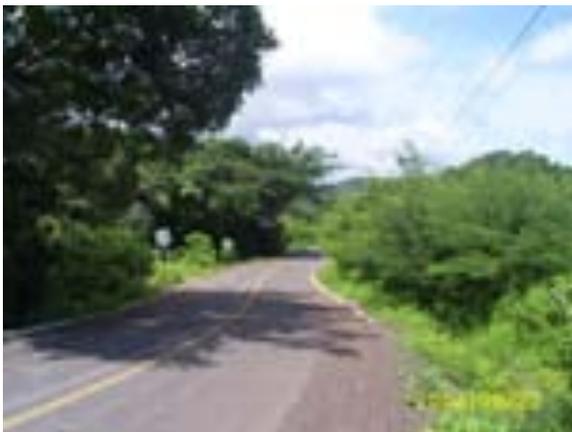


Fotografía D

A lo largo del tramo se encontraron alcantarillas de losa como las mostradas en las fotografías C y D, su estado es bueno aunque un poco azolvadas.

3.4.2. Tipo de terreno y cobertura vegetal.

En las fotografías B y C, se observa el tipo de vegetación que predomina en la zona, y que esta constituida principalmente por árboles de tepehuaje y parota así como otras especies de arbustos. También se ve el tipo de terreno que es de tipo rocoso con gravas y arenas.



Fotografía E



Fotografía F

3.4.3. Problemas de drenaje superficial.

La problemática encontrada en el tramo en estudio, referente al drenaje superficial, es la siguiente:

- Se encontró que algunas de las cunetas del camino se encuentran azolvadas y otras en mal estado en su estructura lo que resulta perjudicial para el buen drenaje del camino, ya que son las encargadas evitar que el agua llegue al camino y de conducir aquella que escurre producto del bombeo. (ver fotografía G).
- La mayoría de los lavaderos, cuya función es la de conducir el agua hasta un lugar que no cause erosión, se encuentran en mal estado; lo que esta provocando un deterioro constante en los terraplenes del camino. (Ver fotografía H).



Fotografía G



Fotografía H

- Otro de los problemas de drenaje es que en algunos tramos no se tiene el bombeo suficiente lo que ocasiona encharcamientos que a su vez causan grietas que deterioran el camino. (Ver fotografía I).



Fotografía I



Fotografía J

- Finalmente se encontró, que hay una zona donde el agua cruza de un lado al otro del camino debido a que la cuneta esta azolvada. (Ver fotografía J).

3.4.4. Vehículos que circulan por la vía.

En las fotografías K y L es aprecian algunos de los tipos de vehículos que circula por la zona, lo cual se vera en forma mas especifica en el aforo vehicular presentado mas adelante.



Fotografía K



Fotografía L

3.5. Estudios de tránsito.

En esta parte de la investigación se hablara del tipo y clasificación de los vehículos en general, y de manera más específica de los que circulan por la zona en estudio. Se presentara también un estudio de tránsito, realizando un aforo vehicular para determinar el tipo y número de vehículos que circulan por este camino.

3.5.1. Tipo y clasificación de vehículos.

Tomando como referencia el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras de la S.C.T. (1974), los vehículos que circulan por un camino se clasifican en vehículos ligeros, vehículos pesados y vehículos especiales. Los vehículos ligeros son de carga y/o de pasajeros que tienen dos ejes y cuatro ruedas; caen dentro de esta clasificación los automóviles particulares, las camioneras y las unidades ligeras de carga y pasajeros. Los vehículos pesados son las unidades dedicadas al transporte de carga o pasajeros y cuentan con dos o más ejes y seis o más ruedas; están dentro de esta denominación los camiones y los autobuses. Finalmente los vehículos especiales que son aquellos que rara vez transitan y/o cruzan el camino; aquí entran los camiones o remolques para el transporte de maquinaria o mercancías, así como maquinaria agrícola, motocicletas, bicicleta, y en general cualquier vehículo que no caiga dentro de la clasificación anterior tales como autos deportivos y vehículos de tracción animal.

A continuación se muestran unas figuras donde se puede ver la clasificación anterior.

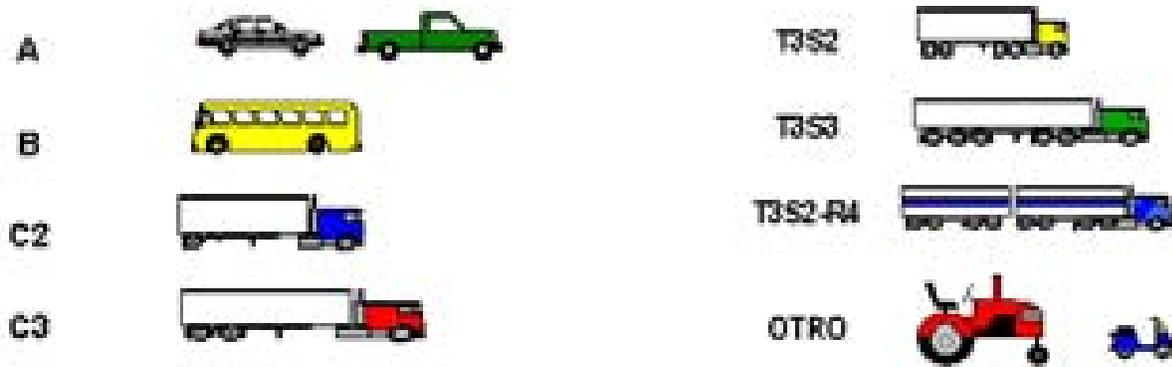


Fig. 3.5. Clasificación general de los vehículos.

3.5.2. Aforo vehicular.

A continuación se presenta el aforo vehicular que se realizó en el tramo en estudio, tomando como punto de registro la comunidad del Tepehuaje en el kilómetro 0+500.

AFORO VEHICULAR		
UBICACION	CASACUMBO, MICHOACACAN	FECHA: 23 DE OCTUBRE DEL 2008
PERIODO DE REGISTRO:	12 PM A 6 PM	UNIDAD: VEHICULOS
TRAMO:	TEPEHUAJE - LAS GUACAMAYAS KM. 0-000 AL 3+000	
VEHICULO	TIPO	NUMERO DE VEHICULOS QUE PASARON
	A	48
	B	0
	C2	8
	C3	10
	OTRO	12
TOTAL DE VEHICULOS		78

3.6. Alternativas de solución.

Enseguida se plantean las alternativas que se proponen, para dar solución a los distintos problemas de drenaje encontrados en el tramo, y se escogerá la mas adecuada, de acuerdo a su factibilidad, tomando en cuenta factores como seguridad, eficiencia y economía.

3.6.1. Planteamiento de alternativas.

- 1) Se propone hacer una revelación de la carpeta asfáltica en los puntos en los que se tienen encharcamiento, para con ello lograr que el agua escurra y llegue a las alcantarillas o lavaderos que la puedan conducir fuera del camino. También se propone una rehabilitación de los lavaderos ya que estos están en mal estado, debido a que no fueron construidos en forma correcta, principalmente porque les falta un dentellón para evitar su deslizamiento. En cuanto a las cunetas, hay algunas que no cumplen con la cuneta tipo que son precisamente las que se encuentran azolvadas por lo que se tendrán que volver a construir con las dimensiones adecuadas.

- 2) Como segunda solución se propone levantar la carpeta asfáltica en el tramo que comprende los encharcamientos, ya que en algunos casos la carpeta se encuentra ya agrietada. En cuanto a los lavaderos se propone ampliar sus dimensiones en los puntos de mayor flujo de agua y/o la colocación de más de estos, supervisando su construcción para que se realicen de forma adecuada. Para resolver el problema de azolve en las cunetas al igual que en la solución uno, se propone reconstruir las que no cumplan con las dimensiones

mínimas requeridas e implementar un programa de conservación de las mismas.

3.6.2. Alternativa a usar.

La alternativa de solución que se tomara, será una combinación de las dos propuestas, esto debido a que en ambas soluciones se tienen buenas propuestas por lo que se tomara la mejor de ambas.

Para solucionar el problema de encharcamientos, se realizara una revelación en los puntos donde no se tenga daño en la carpeta asfáltica y en los lugares donde ya este agrietada la superficie se procederá a levantar y volver a colocar la estructura completa. Para los lavaderos se tomo como solución la reconstrucción total de las estructuras así como la adición de más en los lugares requeridos. Para los problemas de azolve en cunetas se tomara la propuesta de la solución 2, que es la de reconstruir las cunetas que no cumplan con las dimensiones mínimas e implementar un plan de conservación.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA.

En este capítulo se tratará lo referente a la metodología utilizada para la realización de este trabajo de investigación; señalando el método empleado, el enfoque de la investigación, alcance, diseño de la investigación, así como los instrumentos utilizados para la recopilación de datos y el procedimiento de investigación.

4.1. Método Empleado.

Para realizar esta investigación se aplicó el *método matemático cuantitativo*: dicho método es el más recomendable para la revisión del sistema de drenaje del tramo Tepehuaje – Las Guacamayas, debido a que en este tipo de trabajo involucra una serie de cálculos para el diseño de las diferentes estructuras.

4.1.1. Método Matemático.

El método matemático es aquel que involucra el manejo de cantidades, números y cálculos para llegar a un resultado; durante este proceso se realiza la comparación de cantidades para obtener nociones derivadas, de importancia, valor económico y capacidad. El método en las matemáticas es el genético que indica el origen del objeto, en el que el número entero es originado por la adición indefinida de la unidad a sí misma.

“En cualquier investigación que asiente números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y éstas se tomen en cuenta para firmar o negar algo, se está aplicando el método cuantitativo.” (Mendieta; 2005: 49).

4.2. Enfoque de la Investigación.

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se recolectan y analizan datos sobre variables. De acuerdo con Sampieri (2005), la investigación cuantitativa es aquella que ofrece la posibilidad de generalizar los resultados, y además otorga el control de los fenómenos y un punto de vista de magnitud y conteo de los mismos. El método cuantitativo es uno de los más usados por las ciencias como: la Biología, Física, y Química, y es por ende el utilizado por las ciencias llamadas “exactas”.

4.2.1. Alcance.

Según lo mencionado por Sampieri (2005), una vez que se ha definido el enfoque de la investigación, es necesario visualizar el alcance del estudio que se va a efectuar. En este caso la investigación tiene un alcance descriptivo; que es en el que se busca describir situaciones, eventos y hechos, es decir como es y como se manifiesta un determinado fenómeno.

Los estudios descriptivos buscan especificar propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades u otro fenómeno que se someta a un análisis. Miden, evalúan o recolectan datos de diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno que se investiga. Desde el punto de vista científico, lo

que se hace en un estudio descriptivo es, seleccionar una serie de cuestiones y medir o recoger información sobre ellas para así describir lo que se investiga.

4.3. Diseño de la Investigación.

Debido a que en esta investigación no se llevan a cabo experimentos de ningún tipo, se clasifica el diseño de la investigación como **no experimental**. Existen dos tipos de investigación no experimental: transeccional y longitudinal.

4.3.1. Investigación Transeccional o Transversal.

De acuerdo con Sampieri (2005), el presente trabajo de tesis es una investigación transeccional, ya que se ubica en un solo momento o tiempo único. La investigación transeccional tiene el propósito de describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un determinado momento. En otras palabras es como si se tomara una fotografía de algo que sucede.

La medición bajo el enfoque cuantitativo, ocurre en un momento único. A su vez los diseños transeccionales se clasifican en: exploratorios, descriptivos y correlacionales.

4.4. Instrumentos de recopilación de Datos.

Uno de los instrumentos usados para la recopilación de datos es observación cuantitativa ya que en ésta, según Sampieri (2004), es frecuente que se incluyan varios tipos de cuestionarios al mismo tiempo que pruebas estandarizadas y la recolección de algunos contenidos para el análisis estadístico. Ya que en

investigaciones cualitativas se usan entrevistas, algunas observaciones y documentos para tener diferentes apreciaciones sobre las variables,

La recolectar los datos implica:

- a) Seleccionar uno o varios métodos disponibles o desarrollarlos, tanto cualitativos como cuantitativos, dependiendo del tipo de estudio, de su planteamiento y de los alcances de la investigación.
 - b) Aplicar los instrumentos necesarios.
 - c) Se tienen que preparar adecuadamente las mediciones que se obtuvieron o los datos obtenidos en el levantamiento para ser analizados correctamente.
- En el enfoque cuantitativo, el recolectar datos equivale a medir; y el medir es el proceso de vincular los conceptos con indicadores empíricos, mediante una clasificación, siempre se miden las variables contenidas en las hipótesis.
 - En toda recolección de datos debe de existir una confiabilidad y una validez; siendo que la confiabilidad cuantitativa se refiere al grado de que la aplicación repetida de un instrumento de medición al mismo sujeto, de resultados iguales, y la validez cuantitativa se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que se pretende medir. Lo que puede afectar la validez cuantitativa es la improvisación, utilizar instrumentos hechos en el extranjero y que no han sido validados para nuestro contexto.
 - No existe medición perfecta, pero en sí el error que se percate se reduce a límites tolerables.

- La confiabilidad cuantitativa que se tiene se determina calculando un coeficiente de confiabilidad, estos varían entre 0 y 1, siendo que 0 =nula confiabilidad y 1 =total confiabilidad.
- La evidencia sobre la validez de criterio (cuantitativa) se obtiene comparando los resultados de aplicar el instrumento de medición contra los resultados de un criterio externo.
- Los pasos para elaborar un instrumento de medición son:
 1. Se enlistan las variables a medir.
 2. Revisar sus definiciones conceptuales y operacionales.
 3. Elegir uno ya desarrollado o se construye uno propio.
 4. Indicar niveles de medición de las variables (nominal, ordinal, por intervalos y de razón).
 5. Indicar cómo se habrán de codificar los datos.
 6. Aplicar prueba piloto.
 7. Construir su versión definitiva.

Otros de los instrumentos utilizados para llevar a cabo esa tesis son los programas de computación Autocad, para el manejo de planos del tramo y de las distintas estructuras que conforman el sistema de drenaje; el Civilcad para determinar los niveles topográficos de secciones, perfiles, etc. y así realizar el calculo de las obras de drenaje y Excel para el ordenamiento de los datos recopilados y la aplicación de formulas para simplificar los cálculos

4.5. Descripción del Procedimiento de Investigación.

El desarrollo de esta investigación comenzó con la selección de un tramo de carretera del cual ya se tenía el proyecto del sistema de drenaje, enseguida se realizó la investigación documental en la cual se ven todos los aspectos involucrados en la construcción de caminos y así tener un soporte teórico para la investigación. Como paso siguiente se hizo una visita al lugar, para investigar como funciona actualmente el sistema de drenaje y cuales son sus condiciones, también para definir su entorno geográfico, así como el tipo de camino de que se trata y el tipo y número de vehículos que circulan por la zona. Posteriormente se realizo el cálculo del sistema de drenaje utilizando programas de Ingeniería Civil como el Autocad, CivilCad y Excel. Como último paso se realizaron las comparativas del cálculo realizado con el proyecto original y con lo ejecutado para hacer las conclusiones y poder responder a la pregunta de investigación por la cual se llevo a cabo esta tesis.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En el presente capítulo se hará la revisión del sistema de drenaje del tramo en estudio, para lo cual se realizarán los cálculos necesarios para determinar las dimensiones geométricas y estructurales de las obras de drenaje que se requieran en el tramo.

5.1. Sistema de drenaje existente.

Actualmente el tramo cuenta con un drenaje formado por cunetas, alcantarillas de losa y lavaderos en algunos tramos de terraplenes, la ubicación de las alcantarillas y cunetas es la siguiente.

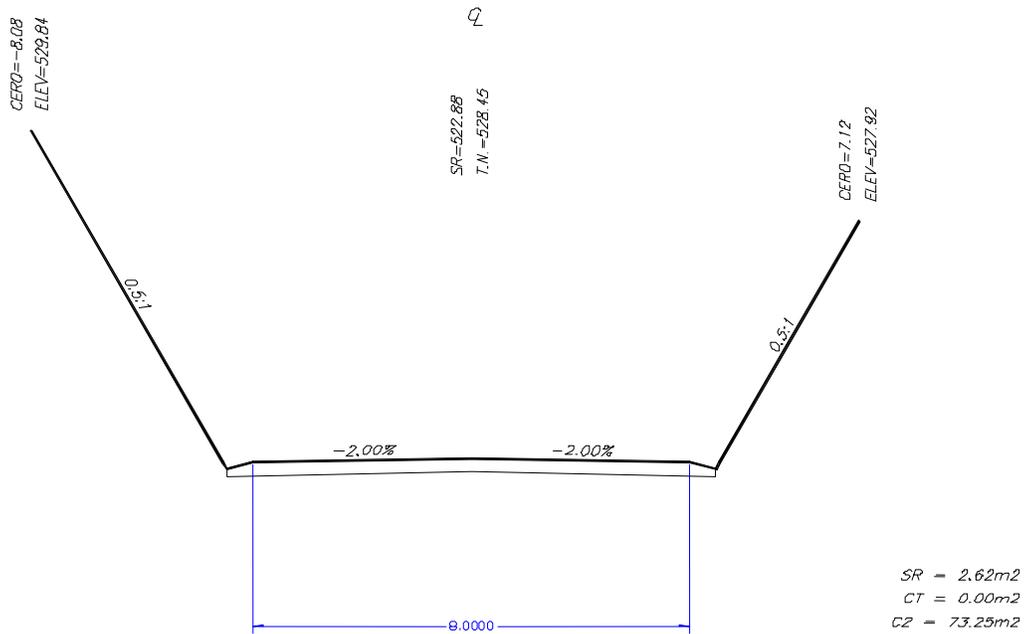
ALCANTARILLAS		
No.	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN
1	ALCANTARILLA DE LOSA 1.00 X 1.00 M	0+320.00
2	ALCANTARILLA DE LOSA 1.00 X 1.00 M	0+632.22
3	ALCANTARILLA DE LOSA 1.00 X 1.00 M	0+734.81
4	ALCANTARILLA DE LOSA 1.00 X 1.00 M	1+101.75
5	ALCANTARILLA DE LOSA 1.00 X 1.00 M	1+464.51
6	ALCANTARILLA DE LOSA 2.60 X 5.20 M	1+743.61
7	ALCANTARILLA DE LOSA 1.00 X 1.00 M	2+162.35
8	ALCANTARILLA DE LOSA 1.00 X 1.00 M	2+575.37
9	ALCANTARILLA DE LOSA 1.00 X 1.00 M	2+944.59

CUNETAS					
No.	INICIA (Kilometro)	TERMINA (Kilometro)	LONGITUD	LADO	
1	0+137.1630	0+221.880	84.717		DERECHO
2	0+221.880	0+280.000	58.120		DERECHO
3	0+180.000	0+221.880	41.880	IZQUIERDO	
4	0+221.880	0+280.000	58.120	IZQUIERDO	
5	0+400.000	0+480.000	80.000		DERECHO
6	0+480.000	0+569.581	89.581		DERECHO
7	0+490.111	0+541.651	51.540	IZQUIERDO	
8	0+640.000	0+700.000	60.000		DERECHO
9	0+660.000	0+700.000	40.000	IZQUIERDO	
10	0+820.000	1+060.000	240.000		DERECHO
11	0+980.000	1+080.000	100.000	IZQUIERDO	
12	1+240.000	1+260.000	20.000	IZQUIERDO	
13	1+280.000	1+340.000	60.000	IZQUIERDO	
14	1+340.000	1+360.000	20.000	IZQUIERDO	
15	1+240.000	1+260.000	20.000		DERECHO
16	1+280.000	1+340.000	60.000		DERECHO
17	1+340.000	1+360.000	20.000		DERECHO
18	1+520.000	1+580.000	60.000		DERECHO
19	1+580.000	1+600.000	20.000		DERECHO
20	1+540.000	1+580.000	40.000	IZQUIERDO	
21	1+633.282	1+709.956	76.670		DERECHO
22	1+660.000	1+709.956	49.960	IZQUIERDO	
23	1+860.000	2+020.000	160.000		DERECHO
24	1+940.000	1+969.034	29.030	IZQUIERDO	
25	2+040.000	2+154.916	114.920		DERECHO
26	2+060.000	2+154.916	94.920	IZQUIERDO	
27	2+235.235	2+360.000	124.770		DERECHO
28	2+260.000	2+340.000	80.000	IZQUIERDO	
29	2+391.211	2+440.000	48.800		DERECHO
30	2+440.000	2+460.000	20.000		DERECHO
31	2+391.211	2+440.000	48.800	IZQUIERDO	
32	2+440.000	2+481.927	41.930	IZQUIERDO	
33	2+593.138	2+720.000	126.860		DERECHO
34	2+620.000	2+672.768	52.770	IZQUIERDO	
35	2+800.000	2+820.000	20.000		DERECHO
36	2+820.000	2+840.000	20.000	IZQUIERDO	

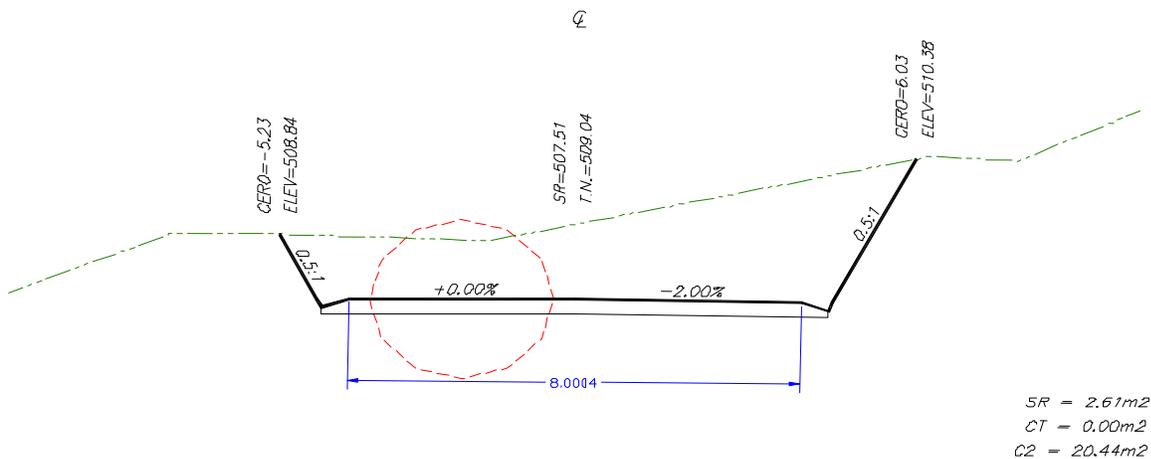
En lo referente a las pendientes del tramo, este cuenta con un bombeo del 2%, excepto en las curvas en las que se tiene una sobre elevación en un solo sentido dependiendo de la dirección de la curva. También se detectó que algunas secciones del proyecto, que se muestran a continuación, no cuentan con el bombeo suficiente para desalojar el agua en forma rápida del camino.

SECCIONES QUE NO CUMPLEN CON BOMBEO MÍNIMO		
SECCIÓN	BOMBEO	
	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO
0+120.00	0.65%	2.00%
0+121.163	0.00%	2.00%
0+218.284	0.00%	2.00%
0+220.000	0.95%	2.00%
0+497.182	0.00%	2.00%
0+500.000	0.80%	2.00%
0+576.651	0.00%	2.00%
0+580.000	0.95%	2.00%
1+032.931	2.00%	0.00%
1+629.949	0.00%	2.00%
1+716.697	0.00%	2.00%
1+720.000	0.95%	2.00%
1+828.247	0.00%	2.00%
1+876.225	0.00%	2.00%
1+880.000	1.14%	2.00%
1+969.034	0.00%	2.00%
2+235.235	2.00%	0.00%
2+268.413	0.00%	2.00%
2+306.632	0.00%	2.00%
2+391.211	2.00%	0.00%
2+500.000	2.00%	0.88%
2+501.927	2.00%	0.00%
2+573.138	0.00%	2.00%
2+692.768	0.00%	2.00%
2+732.597	2.00%	0.00%

Como se puede ver en la lista anterior las secciones no cumplen en alguno de sus lados con el bombeo mínimo del 2%. Enseguida se presentan algunas de las secciones en donde se aprecia el bombeo deficiente, y también se pueden ver las cunetas; el resto de las secciones se pueden ver en el plano ubicado en los anexos.



SEC. "A" ESTACION 1+028.082



SEC. "B" ESTACION 0+218.284

5.2. Cálculo del drenaje.

En este apartado se determinara la cuenca hidrológica que afecta al camino, para así poder proponer la ubicación de las alcantarillas necesarias y calcular su geometría. Se propondrá la ubicación de las cunetas, revisando que sus dimensiones sean las suficientes para desalojar el agua que llegue al camino.

5.2.1. Determinación de la cuenca.

Carta topográfica de Carácuaro



La línea roja representa el tramo en estudio, a partir de esta se determinara la cuenca hidrológica que afecta al camino.

Carta topográfica de Carácuaro



En esta imagen se aprecia la cuenca hidrológica que afecta al tramo.

De acuerdo con el criterio de Alvord, la cuenca tiene las siguientes condiciones

Criterio de Alvord

$$Sc = \frac{DL}{A}$$

A= Área de la cuenca en km²

D= Desnivel constante entre curvas de nivel en km

L= Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca en km

Sc= Pendiente de la cuenca

Datos de la cuenca

$$A = 699.811 \text{ Hs.}$$

$$D = 20 \text{ m}$$

$$L = 91.052 \text{ km}$$

$$S_c = DL / A$$

$$S_c = (0.02)(91.052)/(699.811)$$

$$S_c = 0.26\%$$

5.2.2. Diseño de cunetas.

Para el cálculo de las cunetas se revisara que sea capas de desalojar el siguiente gasto.

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

Q_t = Gasto total que que pasara por la cuneta.

Q_1 = Gasto originado por la precipitación que cae sobre el pavimento.

Q_2 = Gasto originado por la precipitación que cae sobre el área tributaria

A continuación se revisara la capacidad de la cuneta de proyecto número 10 que va del kilómetro 0+820.00 al 1+060.00, lado derecho por ser la más desfavorable. Para el diseño se usara la formula de Burkli – Ziegler

$$Q = 0.022 CAh(S/A)^{1/4}$$

Cálculo de Q1

$$C = 0.75 \text{ (Calles pavimentadas)}$$

$$A = (240)(4.00)/10000=0.096 \text{ Hs.}$$

$h = 150 \text{ mm/hr.}$ Tomado del mapa de isoyetas del estado de Michoacán.

$$S = 20$$

$$Q1 = (0.022)(0.75)(0.096)(15)(20/0.096)^{1/4}$$

$$Q1 = 0.090 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de Q2

$$C = 0.18 \text{ (Terreno montañoso)}$$

$$A = (240)(100)/10000=2.40 \text{ Hs.}$$

$h = 150 \text{ mm/hr.}$ Tomado del mapa de isoyetas del estado de Michoacán.

$$S = 2.6 \text{ (pendiente de la cuenca)}$$

$$Q1 = (0.022)(0.18)(2.40)(15)(2.6/2.40)^{1/4}$$

$$Q1 = 0.145 \text{ m}^3/\text{s}$$

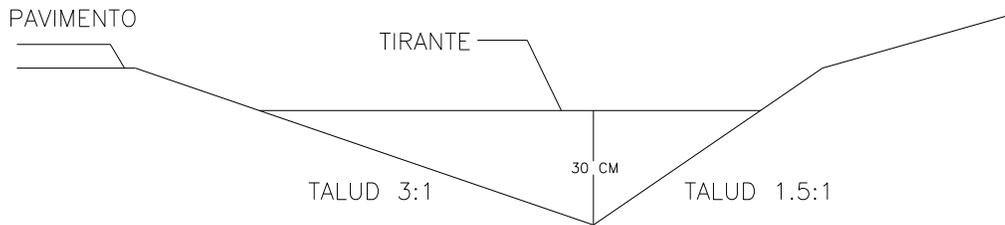
Por lo tanto Qt

$$Qt = Q1 + Q2$$

$$Qt = (0.090)+(0.145)$$

$$Qt = 0.235 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se propone usar la cuneta tipo, la cual se revisara para saber si es capas de desalojar este gasto y así poder usarla en el proyecto.



Por lo tanto:

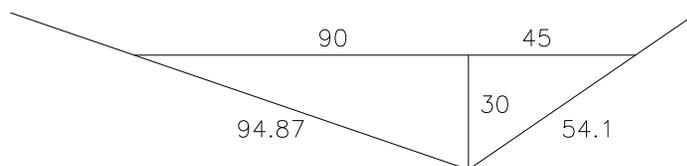


Fig. 5.1. Cuneta tipo.

Para saber el gasto que puede conducir la cuneta tipo, se usara la formula de Chezy – Manning.

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

$$\text{Área hidráulica} = (0.90 \times 0.30) / (2) + (0.45 \times 0.30) / (2) = 0.202 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro mojado} = 0.9487 + 0.541 + 0.45 + 0.90 = 2.84 \text{ m}$$

$$\text{Radio hidráulico} = 0.202 / 2.84 = 0.071 \text{ m}$$

$$n = 0.02 \text{ (Coeficiente de Manning)}$$

$$S = 0.057$$

Calculo del gasto.

$$Q = (1/0.02)(0.071)^{2/3}(0.057)^{1/2}(0.202)$$

$$Q = 0.412 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como se puede observar el gasto que puede conducir la cuneta tipo es suficiente para desalojar toda el agua que cae dentro de la misma, POR LO TANTO SE ADOPTA LA CUNETAS TIPO PARA USARSE EN EL PROYECTO.

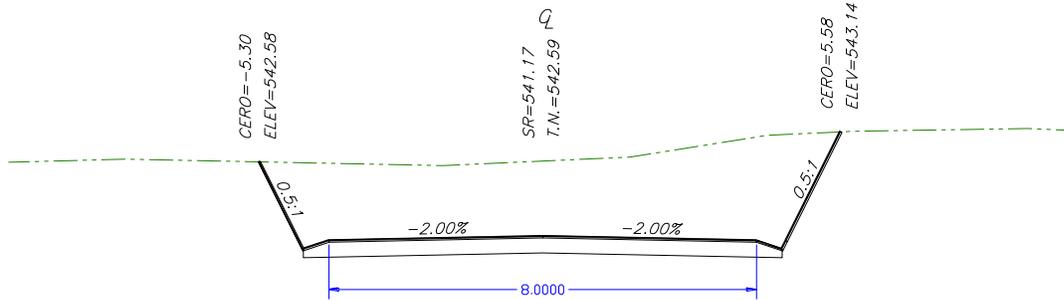
En la siguiente tabla esta la revisión del resto de las cunetas.

CUNETAS			
No.	GASTO POR DESALOJAR (m ³ /s)	GASTO QUE DESALOJA LA CUNETAS TIPO (m ³ /s)	COMPARACIÓN
1	0.108	0.369	ACEPTABLE
2	0.081	0.244	ACEPTABLE
3	0.064	0.194	ACEPTABLE
4	0.081	0.249	ACEPTABLE
5	0.103	0.342	ACEPTABLE
6	0.113	0.366	ACEPTABLE
7	0.074	0.306	ACEPTABLE
8	0.083	0.153	ACEPTABLE
9	0.061	0.067	ACEPTABLE
10	0.236	0.412	ACEPTABLE
11	0.122	0.309	ACEPTABLE
12	0.037	0.499	ACEPTABLE
13	0.083	0.250	ACEPTABLE
14	0.037	0.244	ACEPTABLE
15	0.037	0.487	ACEPTABLE

16	0.083	0.251	ACEPTABLE
17	0.037	0.244	ACEPTABLE
18	0.083	0.239	ACEPTABLE
19	0.037	0.139	ACEPTABLE
20	0.061	0.217	ACEPTABLE
21	0.100	0.209	ACEPTABLE
22	0.073	0.223	ACEPTABLE
23	0.174	0.472	ACEPTABLE
24	0.048	0.449	ACEPTABLE
25	0.136	0.318	ACEPTABLE
26	0.118	0.279	ACEPTABLE
27	0.144	0.484	ACEPTABLE
28	0.103	0.499	ACEPTABLE
29	0.071	0.256	ACEPTABLE
30	0.037	0.159	ACEPTABLE
31	0.071	0.146	ACEPTABLE
32	0.064	0.189	ACEPTABLE
33	0.146	0.409	ACEPTABLE
34	0.076	0.410	ACEPTABLE
35	0.037	0.218	ACEPTABLE
36	0.037	0.278	ACEPTABLE

5.2.3. Ubicación de cunetas.

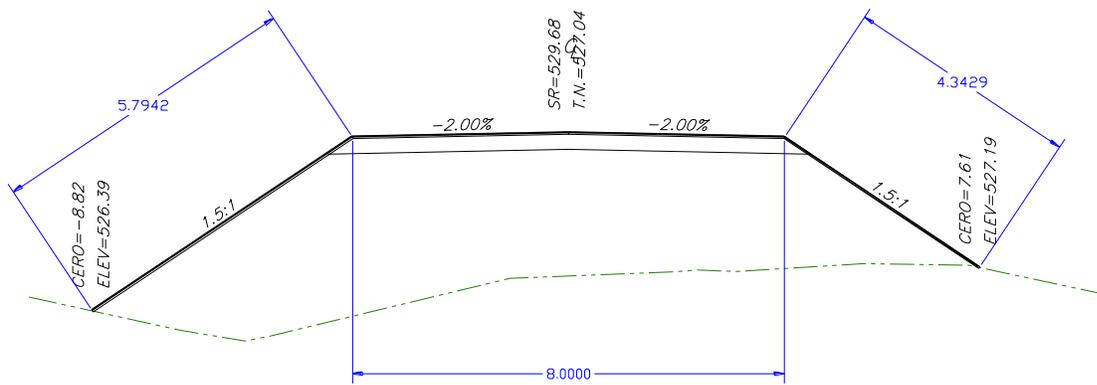
Tomándose como base el proyecto, y haciendo una revisión de las secciones del camino para saber los tramos de corte y terraplén, como se muestra en las siguientes figuras.



SECCION EN CORTE

SR = 2.62m²
 CT = 0.00m²
 C2 = 18.33m²

ESTACION 1+340.000



SECCION EN TERRAPLEN

SR = 2.54m²
 CT = 32.64m²
 C2 = 0.00m²

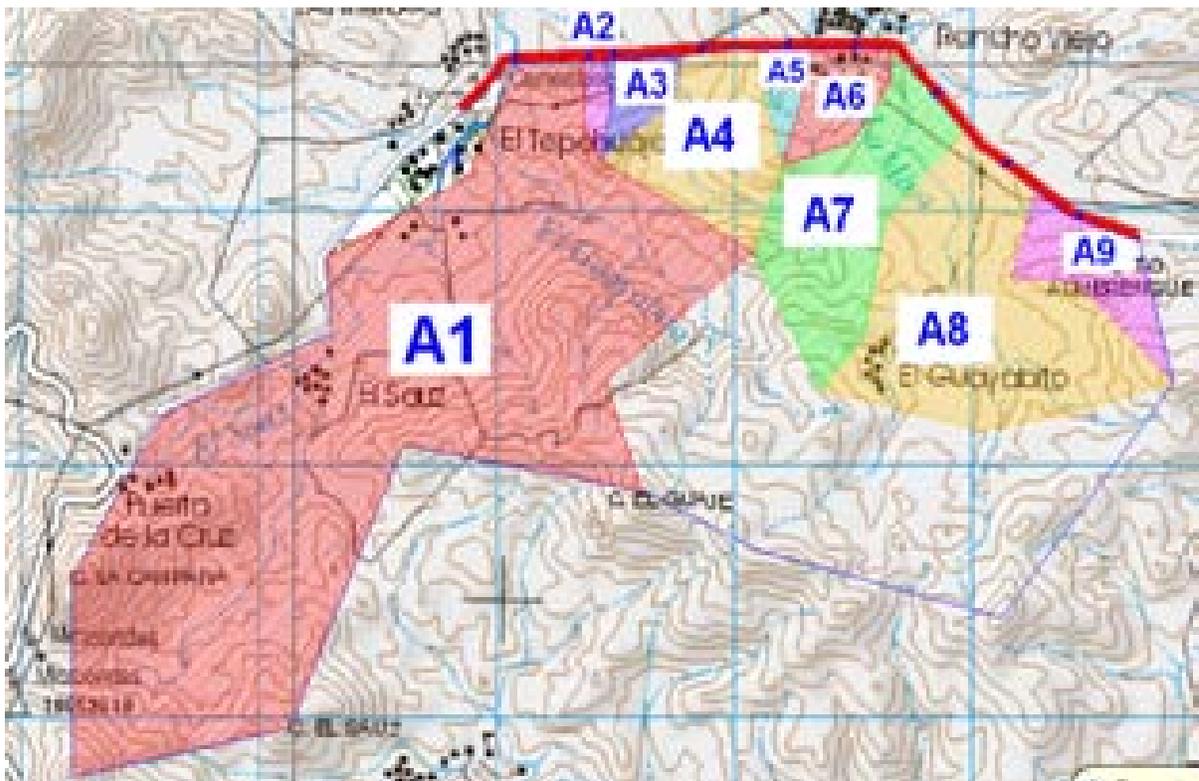
ESTACION 1+160.000

Se determino la ubicación de las cunetas colocándolas en los tramos de corte, QUEDANDO LA UBICACIÓN IGUAL A LA DE PROYECTO.

5.2.4. Diseño de alcantarillas.

A continuación se hará el cálculo de las alcantarillas que se requieren en el tramo, las cuales se ubicaran en los lugares donde alguna corriente tenga que cruzar de un lado a otro del camino.

En la siguiente carta topográfica se muestra la ubicación de las alcantarillas, así como la subcuenca que recolecta el agua de cada alcantarilla.



A1=221.550 Hs.

A6=13.470 Hs.

A2=3.697 Hs.

A7=49.347 Hs.

A3=9.022 Hs.

A8=87.055 Hs.

A4=34.286 Hs.

A9=19.311 Hs.

A5=6.584 Hs.

Para determinar las dimensiones que deberá tener la alcantarilla, se aplicara el criterio de Talbot.

$$S = 0.1832C\sqrt[4]{A^3}$$

Se calcularan las dimensiones para la alcantarilla **numero 1**, ubicada en el kilometro 0+320.000, que es la mas critica ya que por esta pasa el Río Guayabito.

$$A1=221.550 \text{ Hs.} \quad C=0.80 \text{ (terreno montañoso)}$$

Usando la formula de Talbot

$$S=(0.1832)(0.80)(221.550)^{3/4}$$

$$S= 8.416 \text{ m}^2$$

Se dejan 50 cm mas de amplitud debido a que el agua trae arrastre, se proyectara una alcantarilla de $3.00 \times 3.00 = 9.00 \text{ m}^2$

En la siguiente tabla se calculan el resto de las alcantarillas.

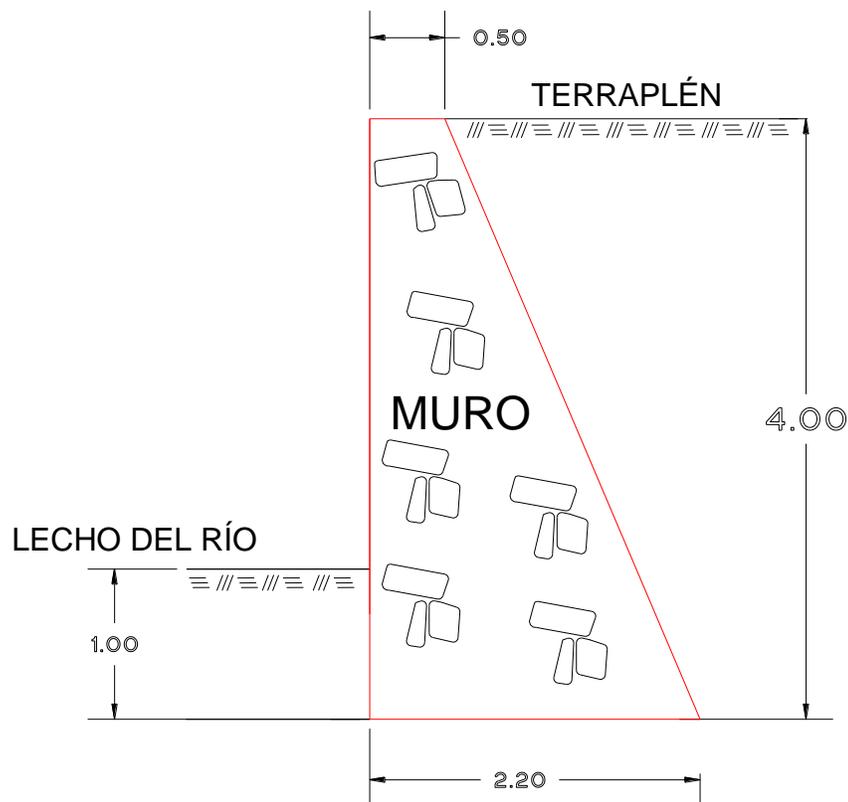
ALCANTARILLAS DE LOSA			
No.	UBICACIÓN	AREA REQUERIDA EN M ²	DIMENSIONES B x h
2	0+632.22	0.891	1.00 X 1.00 M = 1.00M ²
3	0+734.81	1.263	1.50 X 1.00 M = 1.50M ²
4	1+101.75	2.577	2.00 X 1.50 M = 3.00M ³
5	1+464.51	1.102	1.50 X 1.00 M = 1.50M ²
6	1+743.61	1.531	1.50 X 1.00 M = 1.50M ²
7	2+162.35	3.229	2.00 X 1.70 M = 3.40M ²
8	2+575.37	4.677	2.50 X 2.00 M = 5.00M ²
9	2+944.59	1.850	2.00X 1.00 M = 2.00M ²

1) Diseño del muro.

Se calcularan las dimensiones para el muro de la alcantarilla **número 1**, ubicada en el kilómetro 0+320.000. Se propone la siguiente sección.

Peso específico del suelo=1.6 tn/m³

Peso específico de la mampostería=2,8 tn/m³

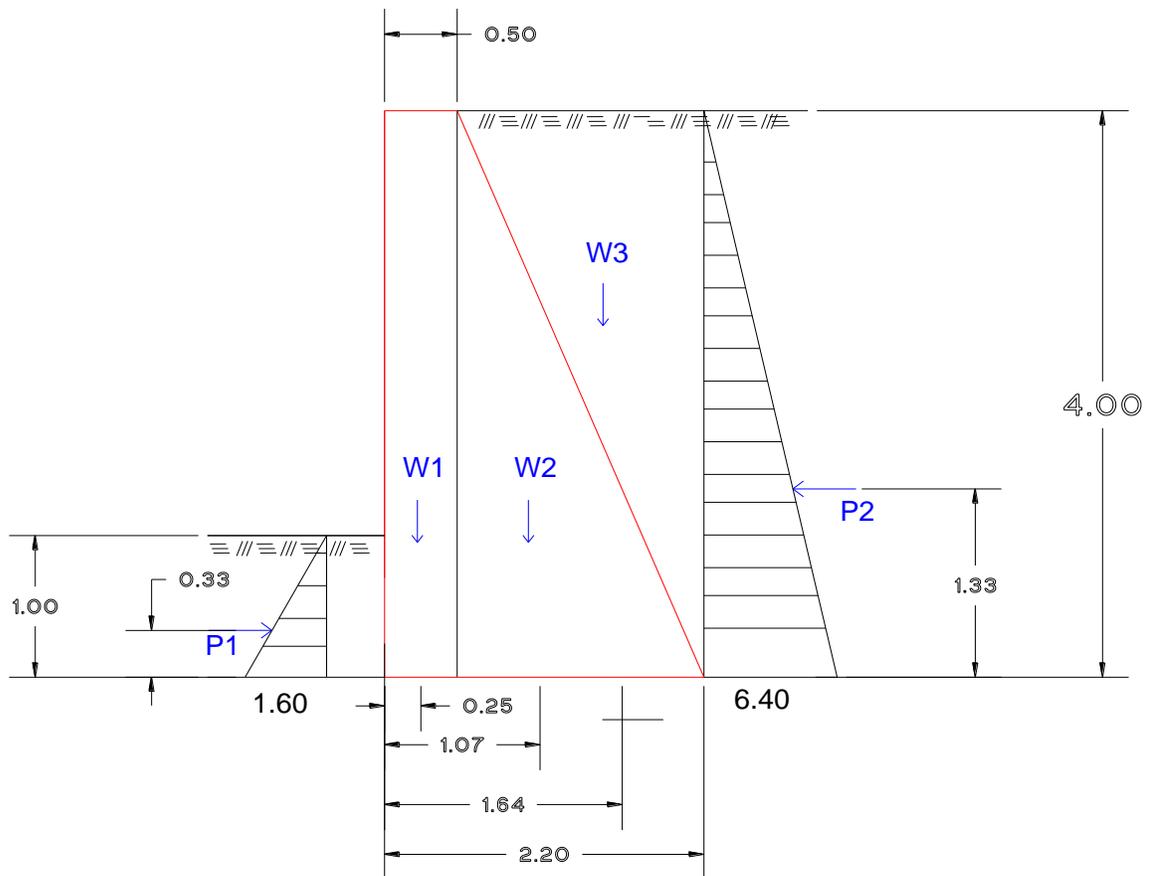


Cargas verticales

$$W1 = (0.5)(4.0)(2.8)(1) = 5.60 \text{ tn}$$

$$W2 = (1.7)(4.0)/2(1)(2.8) = 9.52 \text{ tn}$$

$$W3 = (1.7)(4.0)/2(1)(1.6) = 5.44 \text{ tn}$$



Cargas horizontales

$$P1=(1)(1.6)(1)/2= 0.8 \text{ tn,}$$

$$P2=(4.0)(6.40)(1)/2= 12.80 \text{ tn}$$

Revisión por volteo

Se hará suma de momentos en la esquina inferior izquierda.

$$Mr = 5.60(0.25)+9.52(1.07)+5.44(1.63)+0.8(0.33)=20.72 \text{ tn/m}$$

$$Ma= 12.80(1.33)=17.02 \text{ tn/m}$$

$$Mr/Ma < 1.5$$

$$20.72/17.02 = 1.217 < 1.5$$

Por lo tanto se acepta el muro por volteo.

Revisión por deslizamiento

Sumatoria de fuerzas horizontales

$$F_h = 12.80 - 0.8 = 12.00 \text{ tn}$$

Sumatoria de fuerzas verticales

$$F_v = 5.60 + 9.52 + 5.44 = 20.56 \text{ tn}$$

Fuerza que puede resistir el muro

$$\text{Factor de fricción} = 0.60$$

$$(20.56)(0.6) = 12.33 \text{ tn}$$

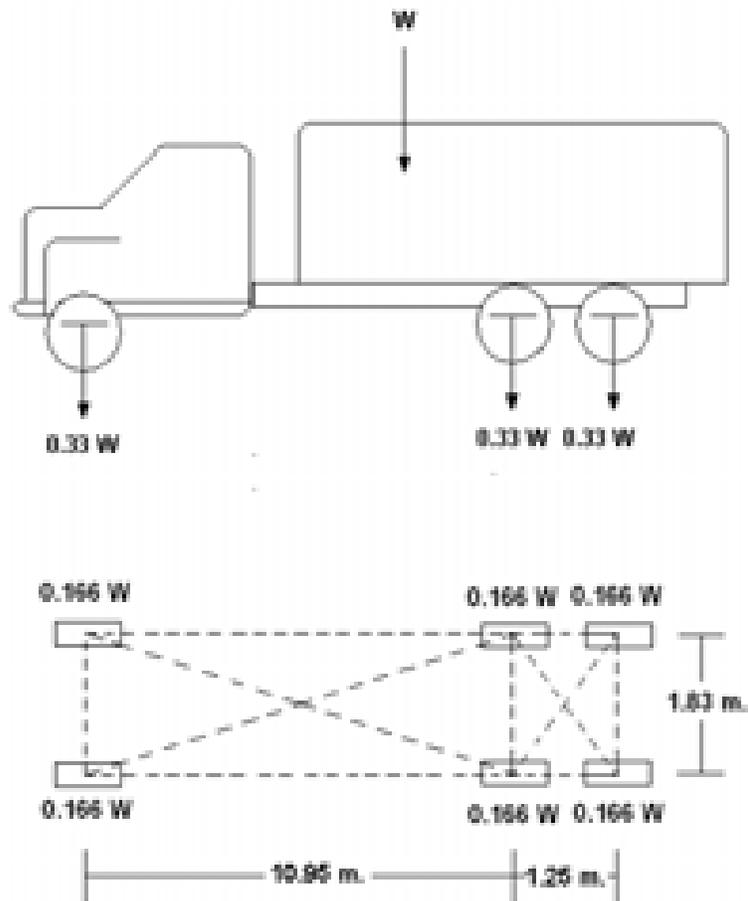
Como se puede ver, la fuerza que provoca el deslizamiento es menor a la que puede resistir el muro, **por lo tanto, se acepta la sección.**

En la siguiente tabla esta la revisión del resto de los muros.

MUROS DE ALCANTARILLAS			
No.	CORONA	ALTURA	BASE
2	0.30	2.00	1.00
3	0.30	2.00	1.00
4	0.30	2.50	1.20
5	0.30	2.00	1.00
6	0.30	2.00	1.00
7	0.30	2.70	1.50
8	0.50	3.00	1.50
9	0.30	2.00	1.00

2) Diseño de la losa.

Se diseñará la losa como viga ancha, considerando que tendrá que soportar el paso de un vehículo tipo **C3**, dicho vehículo tiene una distancia entre ejes de 1.25m, se considera solo el peso de los ejes traseros que es de 8 tn., entre 2 ejes quedaría de 4 tn. por eje, que corresponde a 2 tn por par de ruedas. Como se muestra a continuación.

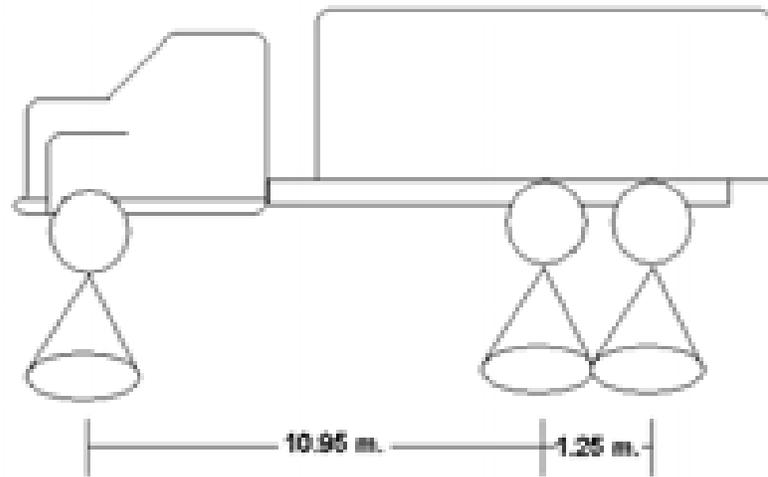


$$W = 12,000\text{ kg}$$

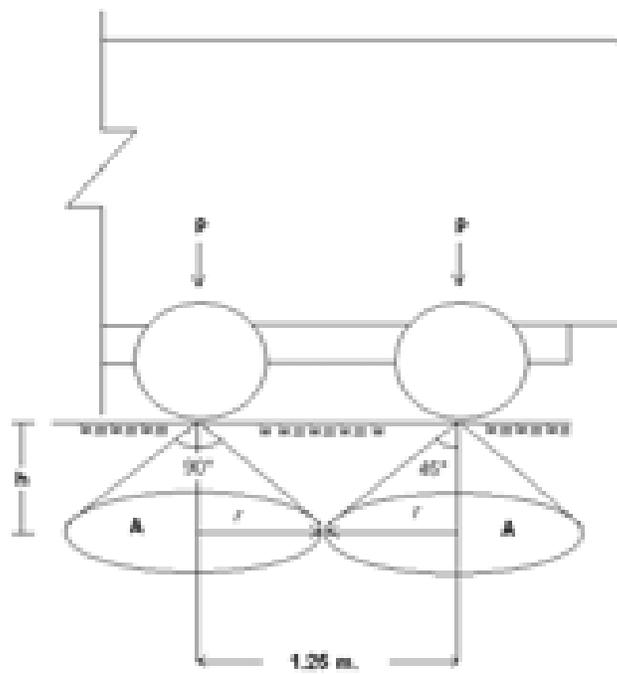
$$0.133W = 4,000\text{ kg}$$

$$0.166W = 2,000\text{ kg}$$

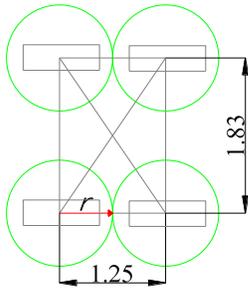
Quedando los conos de esfuerzo como sigue:



Considerando solo el peso de los ejes traseros se tiene:

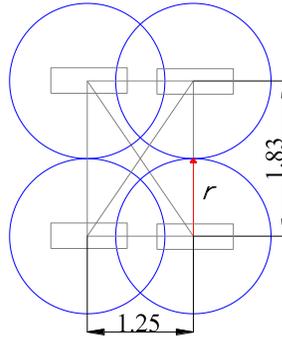


Tomando como base lo anterior, se tiene que; a partir de un $r = 0.625$ m. (fig. 1) los esfuerzos se duplican, a partir de un $r = 0.915$ m. (fig. 2) los esfuerzos se triplican y a partir de un $r = 1.11$ m. (fig. 3) se cuadruplican



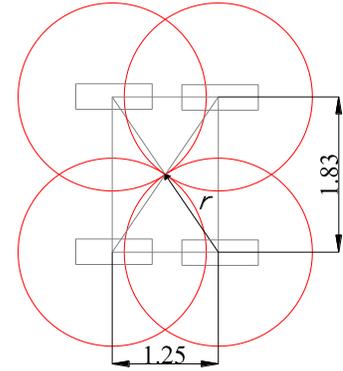
$r=0.625$ m

Figura 1



$r=0.915$ m

Figura 2



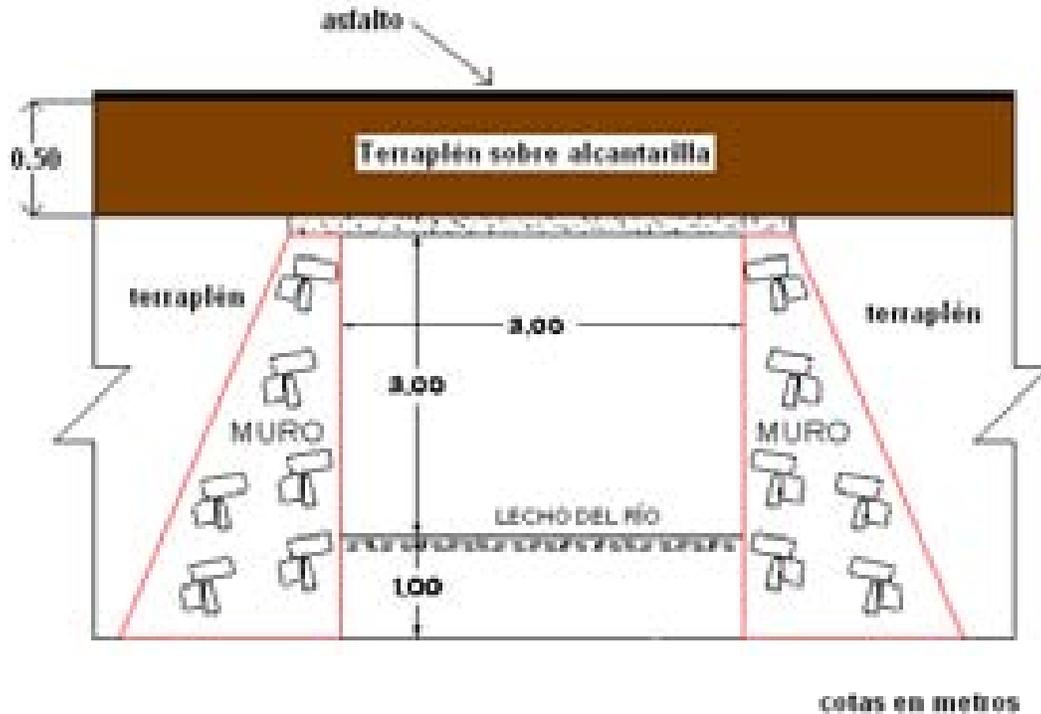
$r=1.11$ m

Figura 3

A continuación se muestra una tabla en la que se presentan los esfuerzos producidos por el vehículo a distintas profundidades del terraplén

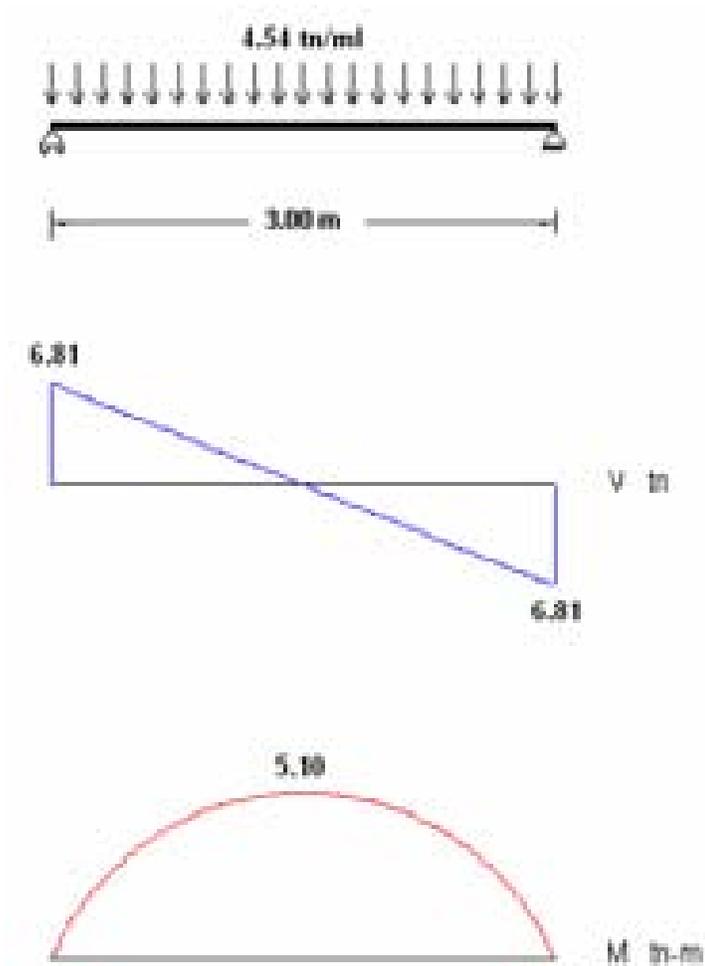
h , en metros	$S = P/A$, en Kg/m ²	$h' = S/Y$, en metros	$d = h+h'$, en metros
0.500	2522.29	1.80	2.30
0.625	1614.27	1.15	1.78
0.915	1506.34	1.08	1.99
0.950	2096.09	1.50	2.45
1.110	1535.36	1.10	2.21
1.550	1049.86	0.75	2.30
1.950	663.32	0.47	2.42
2.200	521.13	0.37	2.57
2.700	345.99	0.25	2.95
2.950	289.84	0.21	3.16

Como ejemplo se calculara la losa de la alcantarilla **numero 1**.



Para el cálculo se propondrá un espesor de losa de 25 cm. y de carpeta de 5 cm, con un peso específico de 2.4 tn/m^3 . para el concreto y de 2.0 tn/m^3 para el asfalto, lo que arroja una carga de 0.70 tn/ml. , que multiplicada por un factor de carga de 1.4 queda de 0.98 tn/ml. La carga del vehículo se calculara de acuerdo a la altura del terraplén que esta sobre la alcantarilla, y que es igual a 0.50, por lo que de acuerdo con la tabla de esfuerzos de la página anterior, le corresponde un esfuerzo de 2.52 tn/m^2 , lo que equivale a una carga de 2.52 tn/ml. , y aplicando el factor de 1.4, quedaría de 3.53 tn/ml.

Quedando las cargas de la siguiente forma.



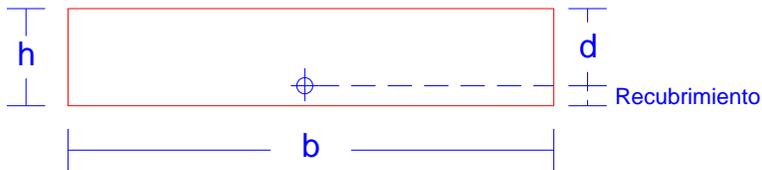
Por lo tanto

$V \text{ máx.} = 6.81 \text{ tn.}$

$M \text{ máx.} = 5.10 \text{ tn.-m}$

Diseño a flexión para momento positivo máximo.

Se propone la siguiente sección



$$b = 100 \text{ cm}$$

$$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 26 \text{ cm}$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = 23 \text{ cm}$$

$$f^*c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Rec.} = 3 \text{ cm}$$

$$f'c = 170 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_u = 5.10 \text{ tn-m}$$

$$q_{req} = 1 \pm \left[\sqrt{1 - \frac{2M_u}{F_R b d^2 f'' c}} \right]$$

$$l_{min} = \frac{0.7 \sqrt{f'c}}{f_y}$$

$$q_{req} = 1 \pm \left[\sqrt{1 - \frac{2(5.10 \times 10^5)}{0.9(100)(23)^2 170}} \right]$$

$$l_{min} = 0.00262$$

$$l_{max} = \frac{170}{4200} \left[\frac{4800}{10200} \right] = 0.0194(0.75)$$

$$q_{req} = 0.0651$$

$$l_{max} = 0.01428$$

$$l_{req} = \frac{0.0651(170)}{4200} = 0.00263$$

como: $l_{min} < l_{req} < l_{max}$

Se usara ℓ_{req}

$$A_s = \ell b d = 0.00263(100)(23) = 6.06 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 6.06 \text{ cm}^2$$

Se propone varilla #4 $a_o = 1.27$ por lo tanto, se usarán 6 var. #4 (7.60 cm^2)

Diseño por cortante.

$$V_u = 6.81 \text{ tn.}$$

$$\ell_{req} = \frac{7.60 \text{ cm}^2}{(100)(23)} = 0.0033 < 0.015$$

$$VCR = 0.8(100)(23)(0.2 + 20(0.0033))\sqrt{200}$$

$$VCR = 6937.566 \text{ Kg.} = 6.93 \text{ tn}$$

VCR es mayor que V_u , por lo tanto se acepta por cortante

Calculo del acero por temperatura en el sentido largo.

$$A_s = 660x1/f_y (100+x1)$$

$$A_s = 660(26)/4200(100+26) = 0.0324 \text{ cm}^2/\text{cm.}$$

$$A_s = 0.0324 (100) = 3.24 \text{ cm}^2$$

Debido a que la estructura estará expuesta a la intemperie se multiplicara el área por 1.5

$$A_s = 1.5 (3.24) = 4.86 \text{ cm}^2$$

Separación máxima

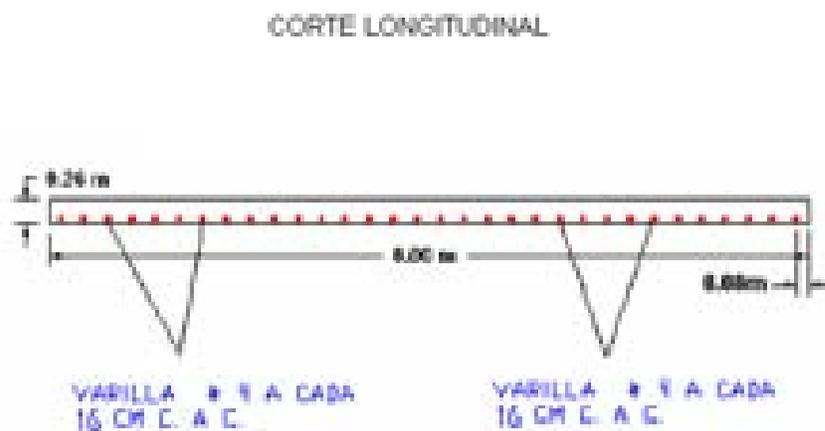
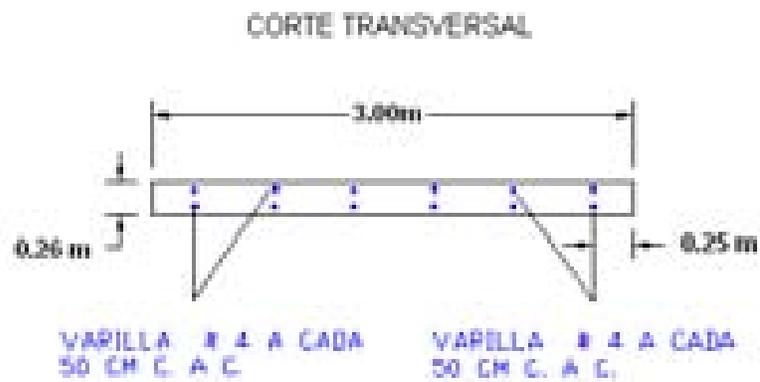
Menor que 50 cm ó $3.5x1$

$$3.5x1 = 91 \text{ cm.}$$

Por lo tanto la separación será de 50 cm.

Se propone colocar 4 varillas del numero 4 en un metro de longitud, lo cual daría un área de 5.07 cm², por norma se colocaran en dos capas próximas a las caras del elemento y a una separación de 50 cm centro a centro.

A continuación se muestra el armado de la losa.



Los armados para el resto de las alcantarillas se podrán ver en el plano de ubicado en los anexos.

ARMADOS PARA LOSAS			
No. DE ALCANTARILLA	PERALTE DE LOSA (cm)	ACERO TRANSVERSAL POR ML	ACERO LONGITUDINAL POR ML
2	15.00	2 vars. #3 y 2 vars. #4 = 3.96 cm ²	5 vars. #3 = 3.56 cm ²
3	15.00	2 vars. #3 y 2 vars. #4 = 3.96 cm ²	5 vars. #3 = 3.56 cm ²
4	15.00	2 vars. #3 y 2 vars. #4 = 3.96 cm ²	5 vars. #3 = 3.56 cm ²
5	15.00	2 vars. #3 y 2 vars. #4 = 3.96 cm ²	5 vars. #3 = 3.56 cm ²
6	15.00	2 vars. #3 y 2 vars. #4 = 3.96 cm ²	5 vars. #3 = 3.56 cm ²
7	15.00	2 vars. #3 y 2 vars. #4 = 3.96 cm ²	6 vars. #3 = 4.28 cm ²
8	23.00	4 vars. #4 = 5.07 cm ²	4 vars. #4 = 5.07 cm ²
9	15.00	2 vars. #3 y 2 vars. #4 = 3.96 cm ²	5 vars. #3 = 3.56 cm ²

3) Diseño de aleros para las alcantarillas.

Los aleros servirán para evitar que el terraplén invada la alcantarilla y para encausar la corriente que cruzara por la alcantarilla, las dimensiones de los aleros se propondrán tomando en cuenta estos factores.

Se proponen los siguientes aleros para la alcantarilla **numero 1**.



Se colocaran los aleros aguas arriba y aguas debajo de la alcantarilla, formando un ángulo de 35°, y con una longitud de 3.00 m. Dichos aleros serán construidos monolíticamente con los muros de contención, al inicio tendrán la misma altura que el muro pero ira disminuyendo a lo largo de su proyección con una pendiente del 33%.

Lo anterior es aplicable para los aleros de todas las alcantarillas, variando solamente la altura, que dependerá de la altura del muro de contención de cada caso.

5.2.5. Diseño de lavaderos y bombeo.

Los lavaderos se colocaran en los tramos donde están las alcantarillas, para que el agua que cae sobre el camino no escurra por los terraplenes y los deteriore. Para esto se encausara el agua por medio de guarniciones de 10 x 15 cm, que se construirán a ambos lados del camino, y que se encargaran de conducir el agua hasta los lavaderos que serán de 1.5 m x 3.00 m

En lo referente al bombeo, este será del 2%, hacia ambos lados del camino, excepto en las curvas en las que se respetara la sobre elevación para contrarrestar la fuerza centrifuga

5.3. Comparativa del proyecto existente con el propuesto.

Como se ha venido observando a lo largo de la revisión, existen coincidencias y diferencias entre el proyecto nuevo y el existente, estas diferencias pueden ser debidas a factores como; el criterio utilizado tanto para la elaboración y la ejecución del proyecto, en nivel de profundización en la recabación de datos para la

elaboración del proyecto, limitaciones en el aspecto económico, o una variación en los datos recopilados para el cálculo.

Haciendo una comparación entre los dos proyectos, se encontró, que la ubicación de las cunetas es la misma para ambos, ya que la ubicación corresponde a las necesidades actuales del camino. En cuanto a las dimensiones, en el reciente estudio se propone como cuneta de proyecto, la cuneta tipo mostrada en la página 95, ya que cumple con la sección suficiente para desalojar el agua que escurre por los taludes del camino; lo anterior concuerda con la cuneta utilizada en el proyecto existente. La ubicación de las cunetas se puede ver en la tabla de la página 88

En lo referente a las alcantarillas, se encontró que su ubicación es la misma en el proyecto nuevo que en el existente, ya que se colocaron en los lugares donde el perfil topográfico indica que el agua tiene que cruzar de un lado a otro del camino, y de tal modo que sirvan para la descarga de las cunetas. La diferencia esta en las dimensiones de la estructuras, ya que el cálculo reciente indica que se requieren alcantarillas de mayores proporciones, esto para dar paso al gasto calculado en base a las cuencas hidrológicas y sus condiciones topográficas y la intensidad de lluvia del lugar el agua que cruza por las mismas demanda estas dimensiones, además se está considerando que en un futuro se pudieran azolvar 50 cm, y aun así conservarían su área hidráulica.

En lo que respecta a los lavaderos, estos se colocarán como ya se mencionó en los lugares de terraplén para recopilar por medio de guarniciones el agua y

llevarla hasta los lavaderos y así pueda escurrir por estos hasta las alcantarillas Esta misma recomendación está en el proyecto existente, la diferencia es que no se hicieron de las dimensiones suficientes y no se anclaron al terraplén en forma adecuada.

Para el bombeo del camino se tienen diferencias, ya que en el anterior se encontraron secciones en donde el bombeo es menor al 2%, y en otras no existe bombeo, y para el proyecto nuevo se dio un bombeo mínimo del 2%.

CONCLUSIONES.

El objetivo de esta investigación era, revisar si el diseño del sistema de drenaje para el tramo carretero el Tepehuaje – Las Guacamayas del kilómetro 0+000 al 3+000 en el municipio de Carácuaro, Mich. era el suficiente, dicho objetivo se cumplió, ya que se pudo establecer que es insuficiente.

A lo largo de esta investigación se lograron recopilar los datos necesarios que permitieron llevar a cabo los cálculos, y así determinar las características, que debería tener el sistema de drenaje del tramo en estudio

La investigación documental consistió en averiguar lo referente a los antecedentes y condiciones actuales de las vías terrestres, en particular de las carreteras o caminos: señalando también las características que debe tener un buen sistema de drenaje, lo anterior sirvió para dar respuesta a la mayoría de las preguntas de investigación de esta tesis. Y la investigación de campo se llevó a cabo para saber cuántas obras de drenaje y de que tipo existen en el tramo, también se observaron las condiciones geográficas, topográficas y climatológicas del lugar.

Con la información recopilada se llevaron a cabo los cálculos necesarios, para determinar la ubicación y dimensiones de las distintas estructuras, que componen el sistema de drenaje del camino.

Por medio de los cálculos realizados se encontró que las obras de drenaje para el tramo carretero denominado Tepehuaje – Las Guacamayas del kilómetro

0+000 al kilómetro 0+3.000, no son suficientes para el rápido desalojo del agua que de alguna manera llega al camino, ya que las alcantarillas encontradas en el tramo, no tienen las dimensiones suficientes para conducir el gasto de agua que tiene que cruzar por ellas,

Otro aspecto encontrado, es que el bombeo es insuficiente en algunas secciones, lo que está ocasionando el deterioro del camino. También se menciona que los lavaderos no fueron construidos en forma adecuada, ya que no se tuvo el cuidado de anclarlos al terreno por medio de un dentellón, para evitar su deslizamiento.

Con los argumentos ya mencionados se llegó a la conclusión de que el sistema de drenaje actual para el tramo carretero el Tepehuaje – Las Guacamayas del kilómetro 0+000 al 3+000 en el municipio de Carácuaro, Mich. es insuficiente, dando respuesta con esto a la pregunta de investigación que cuestionaba si era o no suficiente dicho sistema de drenaje para el tramo en estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Aparicio Mijares Francisco J. (1993).

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.

Crespo Villalaz, Carlos. (2005).

Vías de Comunicación.

Ed. Limusa. 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.

Mier S. José Alfonso. (1987)

Introducción a la Ingeniería de Caminos.

Ed. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). México.

Monsalve Sáenz, Germán. (1999)

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 km. 65+000 al 66+000.

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

Uruapan Michoacán, México.

Chávez, Gabriel. (2008)

Revisión de obras de drenaje del tramo “0+100 al 2+000” de la carretera

Ziracuaretiro – La Ciénega

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

Uruapan Michoacán, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

http://caminos.construaprende.com/entrada/Tesis1/cap1/cap1_2.php

<http://caminos.construaprende.com/entrada/Tesis1/index.php>

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_drenaje

<http://es.wikipedia.org/wiki/Drenaje>

http://www.emexico.gob.mx/work/EMM_1/Michoacan/16000c.htm

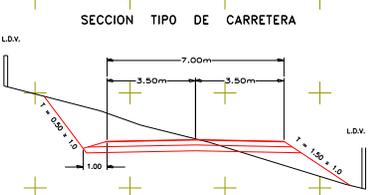
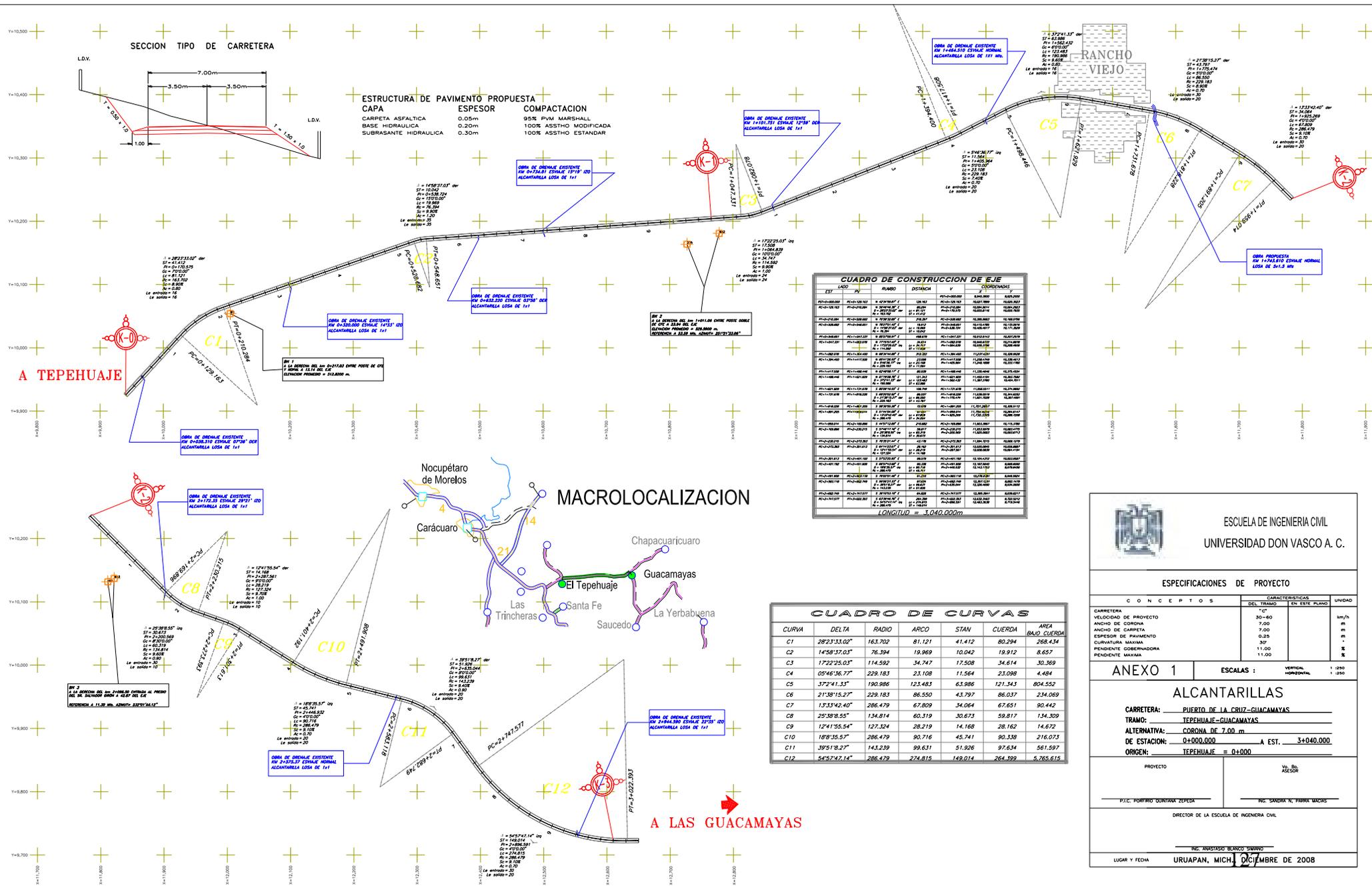
<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/mich/geolo.cfm>

<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/mich/rh.cfm>

<http://www.michoacan.gob.mx/estado>

<http://www.municipiosmich.gob.mx/caracuaro/territorio/datos/datos.php>

ANEXO 1



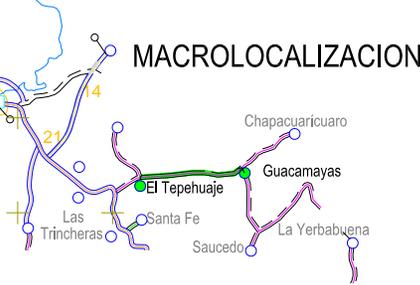
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PROPUESTA

CAPA	ESPESOR	COMPACTACION
CARPETA ASFALTICA	0.05m	95% PVM MARSHALL
BASE HIDRAULICA	0.20m	100% ASSTHO MODIFICADA
SUBRASANTE HIDRAULICA	0.30m	100% ASSTHO ESTANDAR

CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE

EST	ALTO	PLANO	DETONACION	COORDENADAS	
PC+0+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+1+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+2+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+3+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+4+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+5+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+6+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+7+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+8+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+9+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+10+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+11+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+12+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+13+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+14+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+15+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+16+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+17+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+18+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+19+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+20+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+21+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+22+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+23+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+24+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+25+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+26+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+27+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+28+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+29+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+30+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+31+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+32+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+33+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+34+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+35+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+36+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+37+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+38+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+39+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+40+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+41+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+42+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+43+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+44+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+45+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+46+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+47+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+48+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+49+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+50+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+51+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+52+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+53+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+54+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+55+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+56+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+57+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+58+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+59+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+60+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+61+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+62+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+63+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+64+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+65+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+66+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+67+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+68+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+69+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+70+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+71+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+72+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+73+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+74+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+75+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+76+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+77+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+78+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+79+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+80+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+81+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+82+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+83+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+84+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+85+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+86+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+87+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+88+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+89+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+90+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+91+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+92+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+93+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+94+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+95+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+96+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+97+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+98+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+99+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PC+100+000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

LONGITUD = 3,040.000m



CUADRO DE CURVAS

CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	AREA BAJO CUERDA
C1	28°23'33.02"	163.702	81.121	41.412	80.294	268.434
C2	14°58'37.03"	76.394	19.969	10.042	19.912	6.657
C3	17°22'25.03"	114.592	34.747	17.508	34.614	30.369
C4	05°46'36.77"	229.183	23.108	11.564	23.098	4.484
C5	37°41'33"	190.986	123.483	63.986	121.343	804.552
C6	21°38'15.27"	229.183	86.550	43.797	86.037	234.069
C7	13°33'42.40"	286.479	67.809	34.064	67.651	90.442
C8	25°38'8.55"	134.814	60.319	30.673	59.817	134.309
C9	12°41'55.54"	127.324	28.219	14.168	28.162	14.672
C10	18°35'5.77"	286.479	90.716	45.741	90.338	216.073
C11	39°51'8.27"	143.239	99.831	51.926	97.834	561.597
C12	54°57'47.14"	286.479	274.815	149.014	264.399	5,765.615

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.

ESPECIFICACIONES DE PROYECTO

CONCEPTOS	CARACTERISTICAS	UNIDAD
DEL TRAMO		EN ESTE PLANO
CARRERA	30-40	m/h
VELOCIDAD DE PROYECTO	7.00	m
ANCHO DE CARRERA	0.25	m
ESPESOR DE PAVIMENTO	0.20	m
CURVATURA MAXIMA	10.00	%
PENDIENTE COMENADORA	11.00	%
PENDIENTE MAXIMA	11.00	%

ANEXO 1 **ESCALAS :** VERTICAL 1:300
 HORIZONTAL 1:300

ALCANTARILLAS

CARRERA: PUERTO DE LA CRUZ-GUACAMAYAS
 TRAMO: TEPEHUAJE-GUACAMAYAS
 ALTERNATIVA: CORONA DE 7.00 m
 DE ESTACION: 0+000.000 A EST. 3+040.000
 ORIGEN: TEPEHUAJE = 0+000

PROYECTO: _____ VO. ASesor: _____

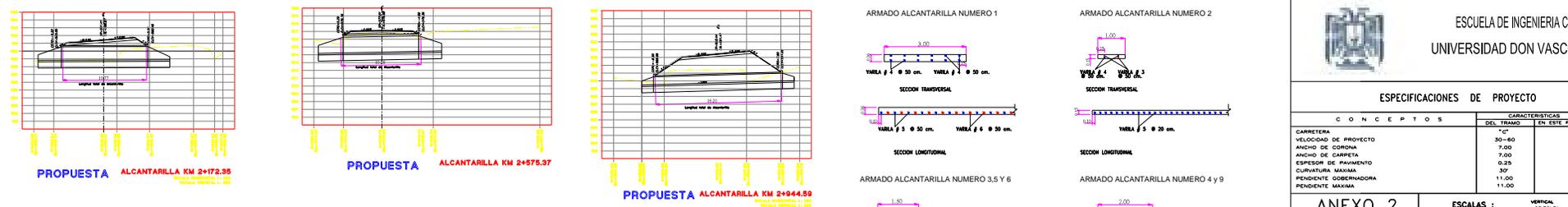
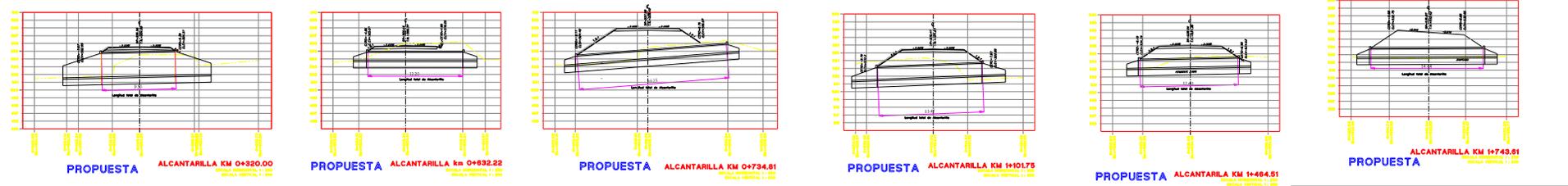
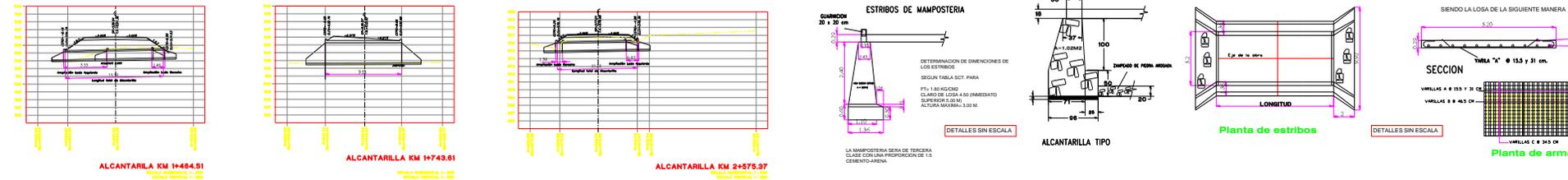
P.I.C.: PORFIRIO GUINTANA, ZEVEDA ING. SANDRA N. PARRA WACKS

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ING. ANASTASIO BLANCO SIBUNDI

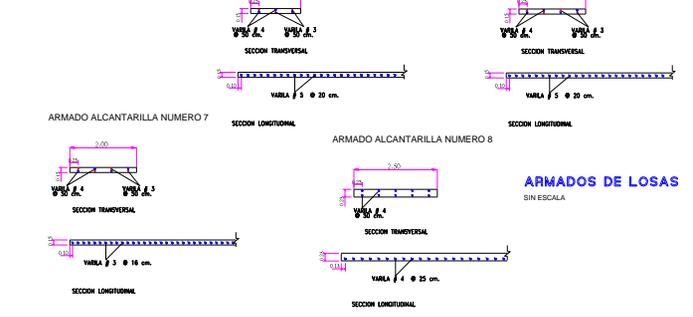
LUGAR Y FECHA: URUAPAN, MICH., DICIEMBRE DE 2008

ANEXO 2



ALCANTARILLA TIPO PROPUESTA
 COTAS EN METROS

NUMERO DE ALCANTARILLA	UBICACION	DIMENSIONES						
		H	A	B	a	b	c	h
1	0+320.00	0.26	3.00	3.00	4.00	2.20	0.50	0.20
2	0+832.22	0.15	1.00	1.00	2.00	1.00	0.30	0.20
3	0+734.81	0.15	1.00	1.50	2.00	1.00	0.30	0.20
4	1+101.75	0.15	1.50	2.00	2.50	1.20	0.30	0.20
5	1+484.51	0.15	1.00	1.50	2.00	1.00	0.30	0.20
6	1+743.81	0.15	1.00	1.50	2.00	1.00	0.30	0.20
7	2+172.35	0.15	1.70	2.00	2.70	1.50	0.30	0.20
8	2+575.35	0.23	2.00	2.50	3.00	1.50	0.50	0.20
9	2+944.59	0.15	1.00	2.00	2.00	1.00	0.50	0.20



ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.

ESPECIFICACIONES DE PROYECTO

CONCEPTOS	CARACTERISTICAS DEL TRAZO	UNIDAD
CARRETERA	1" C	
VELOCIDAD DE PROYECTO	30-60	km/h
ANCHO DE CORONA	7.00	m
ANCHO DE CARRETA	7.00	m
ESPAZOR DE PAVIMENTO	0.25	m
CURVATURA MAXIMA	30'	%
PENDIENTE GOBIERNADORA	11.00	%
PENDIENTE MAXIMA	11.00	%

ANEXO 2 ESCALAS : VERTICAL: 1:200
 HORIZONTAL: 1:200

ALCANTARILLAS

CARRETERA: PUERTO DE LA CRUZ-GUACAMAYAS
 TRAMO: TEPEHUAJE-GUACAMAYAS
 ALTERNATIVA: CORONA DE 7.00 m
 DE ESTACION: 0+000.000 A EST. 3+040.000
 ORIGEN: TEPEHUAJE = 0+000

PROYECTO: P.I.C. PORFIRIO QUINTANA ZEPEDA INIC. SANDRA N. PARRA MACIAS
 DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LUGAR Y FECHA: URUAPAN, MICH., DICIEMBRE DE 2008

