

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 DEL TRAMO CARRETERO CUPUANCILLO – LA PEÑA, DEL KM 4 + 000 AL 5 + 000.

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta

Pablo Vázquez Camacho.

Asesor:

Ing. Sandra Natalia Parra Macías

Uruapan, Michoacán, 2008.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Que me ha dado una familia hermosa y que nos ha conservado con vida, con salud, que nos dio inteligencia, y nos ha guiado y cuidado hasta hoy.

A MIS PADRES:

Porque gracias a su cariño, guía y apoyo he llegado a realizar uno de mis anhelos más grandes de mi vida, fruto del inmenso apoyo, amor y confianza que en mi se depositó y con los cuales he logrado terminar mis estudios profesionales que constituyen el legado más grande que pudiera recibir y por lo cual les viviré eternamente agradecido.

A MI ESPOSA E HIJO:

Que son el motor que me impulsa para realizar y cumplir mis metas, que siempre me alentaron y comprendieron en todo momento durante mis estudios, por tanto dedico la presente como agradecimiento al apoyo brindado.

A LA UNIVERSIDAD:

A todos mis profesores por sus conocimientos, a mi asesor por su paciencia y su ayuda en este trabajo, a mis compañeros que juntos recorrimos este camino, aprendiendo y dando cada uno de sí mismo para lograr nuestro objetivo.

INDICE.

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del problema.	4
Objetivos.	5
Preguntas de investigación.	5
Justificación	6
Delimitación	7
Marco de referencia.	8

Capitulo 1.- Vías terrestres.

1.1. Antecedentes de los Caminos.	9
1.2. Inventario de Caminos.	10
1.3. Elementos de la ingeniería de transito usados para el proyecto.	12
1.4. Velocidad.	18
1.5. Volumen de transito.	20
1.6. Densidad de transito.	22
1.7. Derecho de vía.	23
1.8. Capacidad y nivel de servicio.	23
1.9. Distancia de visibilidad.	26
1.10. Mecánica de suelos.	28

Capitulo 2.- Drenaje.

2.1. Antecedentes de los sistemas de drenaje.	42
---	----

2.2.	Drenaje de los caminos.	42
2.3.	Hidrología.	43
2.3.1.	Ciclo hidrológico.	44
2.3.2.	Precipitación.	45
2.3.3.	Precipitación media.	47
2.3.4.	Escurrimiento.	49
2.3.5.	Hidrograma	51
2.3.6.	Infiltración.	51
2.3.7.	Agua subterránea.	52
2.4.	Avenida de diseño.	52
2.5.	Métodos empíricos para el cálculo de avenidas.	53
2.6.	Cuenca hidrológica.	54
2.7.	Características principales de una cuenca.	54
2.8.	Elementos de cálculo para una cuenca hidrológica.	55
2.9.	Drenaje superficial.	56
2.10.	Cunetas.	57
2.11.	Bombeo.	63
2.12.	Lavaderos o vertedores.	64
2.13.	Drenaje subterráneo.	64
2.14.	Zanjas.	65
2.15.	Drenes ciegos.	65
2.16.	Drenes de tubo.	66
2.17.	Alcantarillas.	67
2.17.1	Área hidráulica de las alcantarillas.	69
2.17.2	Tipos de alcantarilla.	72

2.17.3 Longitud de las alcantarilla.	73
2.17.4 Muros de cabeza.	73
2.18 Puentes.	74
2.18.1 Antecedentes de los puentes.	74
2.18.2 Elementos principales de los puentes.	75

Capitulo 3.- Resumen ejecutivo de macro y microlocalización.

3.1 Generalidades.	77
3.2 Resumen ejecutivo..	80
3.3 Entorno geográfico..	81
3.3.1 Topografía regional y de la zona en estudio.	81
3.3.2 Geología regional y de la zona en estudio.	82
3.3.3 Hidrología regional y de la zona en estudio.	83
3.3.4 Uso de suelo y de la zona en estudio.	86
3.4 Informe fotográfico. .	86
3.4.1 Tipo de terreno y cobertura vegetal.	86
3.4.2 Problemas de drenaje superficial.	87
3.4.3 Estado físico actual.	90
3.4.4 Vehículos que circulan por la vía..	92
3.5 Estudio de transito. .	92

Capitulo 4.- Metodología.

4.1 Método empleado. .	94
4.2 Método matemático.	94
4.3 Enfoque de la investigación.	95

4.4	Alcance.	96
4.5	Diseño de la investigación.	96
4.6	Instrumentos de recopilación de datos.	97
4.7	Descripción del procedimiento de investigación.	97

Capitulo 5.- Análisis e interpretación de resultados.

5.1	Área y pendiente de la cuenca.	99
5.2	Cálculo del área de la alcantarilla.	101
5.3	Cálculo de cunetas .	103
5.4	Bombeo.	107
5.5	Lavaderos.	107
5.6	Cálculos de las alcantarillas de losa.	109
5.7	Cálculo de las alcantarillas de tubo.	119
5.8	Análisis comparativo.	132

Conclusiones.	135
----------------------	------------

Bibliografía..	138
-----------------------	------------

Anexos.

RESUMEN

En la presente tesis titulada revisión del sistema de drenaje del tramo carretero Cupuancillo – La Peña, del km 4+000 al 5+000 en el estado de Michoacán, el objetivo dar un buen veredicto del sistema de drenaje existente, si realmente cumple con las características principales de un sistema de drenaje, explicando conceptos básicos relacionado a los caminos, los cuales se presentan en el capítulo 1, como lo son: tipos de caminos, características de los caminos, elementos de la ingeniería de tránsito usados para el proyecto, el derecho de vía, así también la relación que existe la mecánica de suelos con las vías terrestres. En el capítulo 2 los temas tratados fueron la hidrología y conceptos como la precipitación, infiltración, escurrimiento y elementos de drenaje en los caminos, como son las cuentas, el bombeo en caminos, las alcantarillas y demás características que conforman el sistema de drenaje. En el capítulo 3 se da a conocer la ubicación geográfica del tramo carretero y características hidrológicas, topográficas, además se anexa un informe fotográfico del lugar.

El capítulo 4 presenta la metodología usada en la investigación, como fue el método matemático cuantitativo, por lo que se realizó una investigación no experimental con una investigación transeccional.

En el capítulo 5 se presentan los cálculos de los elementos del sistema de drenaje y se hace un análisis comparativo de la investigación realizada con el proyecto original y una interpretación de los resultados.

Asimismo este trabajo beneficiara al los estudiantes de ingeniería civil al consultar la presente tesis, también a la comunidad de Cupuancillo y La Peña que son los principales usuarios de la carretera.

Antecedentes.

En relación al tema del presente estudio se encontró que ya se ha investigado con anterioridad el sistema de drenaje para tramos carreteros, algunos autores que han investigado sobre este tema es Jorge Valencia Aburto que realizó la revisión del sistema de drenaje del tramo carretero denominado “la Curva del Diablo” de la carretera Uruapan- Carapan del km. 65+000 al 66+000, y Gabriel Chávez Álvarez que realizó la revisión de las obras de drenaje del tramo carretero 0+100 al 2+000 de la carretera ziracuaretiro- la ciénega con resultados muy satisfactorios, pero el estudio que presenta la presente tesis comprende un tramo carretero en condiciones geográficas completamente diferentes.

De acuerdo con Wright (1993), los sistemas de carreteras que se tienen en la actualidad tienen sus orígenes en la antigüedad, desde la invención de la rueda, es indudable que hubo todo un acontecimiento como el movimiento que impacto al hombre individualmente y en masa. Los primeros viajes eran realizados a pie, y como fue trascurriendo el tiempo se utilizo una carreta impulsada por animales, de esta forma las grandes distancias se acortaron y se cubrieron grandes extensiones de tierra, se fueron desarrollando rutas o caminos mas o menos regulares y se extendieron los limites de nuestro mundo como ahora es conocido. Como los caminos son un sinónimo de desarrollo, diferentes civilizaciones los optaron, y tomaron conciencia de la gran importancia que tienen, y se dieron la tarea de mejorarlos, como la ciudad de babilonia que pavimentaron sus calles hacia el año 2000 a. C.

Los egipcios también construyeron caminos muy importantes y de grandes dimensiones, estos eran utilizados para llevar materiales y personas con el fin de construir La Gran Pirámide de Egipto, aproximadamente 3000 años antes de

Cristo, pero una de las civilizaciones con mas adelanto tecnológico como fue la romana que tenia un poder militar bastante fuerte, desarrollaron un sistema de caminos el cual era utilizado por sus tropas para llegar hasta los limites de su gran imperio, muchos de estos caminos se realizaban con piedra, por consecuencia los espesores de estos caminos eran bastante considerables.

En Francia un notable ingeniero desarrollo un método para la construcción de caminos utilizando una base de piedras partidas cubiertas con piedras de menor tamaño, este método dio un gran impulso al la construcción de caminos, que igual que los romanos fueron utilizados para propósitos militares y con el objetivo de establecer un sistema de carreteras en Francia.

Según Olivera (2006), las carreteras en México fueron introducidas por los españoles que construyeron las primeras brechas o veredas. Así se inició la comunicación más continua con los estados más importantes de la época como Veracruz, Acapulco, Puebla y otras ciudades.

Al inicio del siglo veinte se introdujeron al país los primeros automóviles, si embargo las primeras vías terrestres construidas con técnicas ya mas avanzadas se dio a partir de 1925 las cuales iban de la Ciudad de México a Veracruz, a Laredo y a Guadalajara, pero estas vías terrestres tuvieron influencias extrajeras al ser proyectadas y construidas por ingenieros norteamericanos, es decir firmas de estados unidos vinieron a realizarlas.

Cabe señalar que a partir de 1925, ingenieros mexicanos se han encargado de realizar la mayor parte de estos trabajos, como proyectar y construir estos caminos, que a la actualidad se cuenta con una gran red de caminos pavimentados y de igual manera caminos secundarios con superficie de

rodamiento revestidas, para dar servicio al tránsito de vehículos en todo momento.

Planteamiento del problema.

Cabe mencionar que los caminos actuales no son más que mejoramientos de las rutas utilizadas muchos años atrás y no cumplen satisfactoriamente con los servicios que demandan los vehículos de la actualidad.

La falta de planeación en las carreteras las lleva a tramos carreteros que resultan obsoletos en la actualidad por haberse construido con técnicas o procesos para cubrir las necesidades de otros tiempos.

Otro de los problemas de las carreteras es el alto costo con lo que se construyen y además a pesar de la alta inversión aplicada no cumplen con los objetivos por los cuales fueron decisivos en su construcción.

El sistema de drenaje que es el tema de este estudio de una vía terrestres es fundamental, como se sabe el principal enemigo de un camino es el agua, por lo que es necesario revisar el sistema de drenaje en el tramo carretero Cupuancillo – La Peña del km. 4+000 al 5+000 para verificar si realmente cumple con las características necesarias para realizar el desalojo del agua, ya que si no se tomaron en cuenta ciertas características en los elementos que componen el sistema de drenaje esta estructura no dará el nivel de servicio el cual tiene destinado, o sólo tendrá un menor tiempo de vida útil, ya que su utilidad y buen funcionamiento no es mas que la rapidez y seguridad con las que personas y mercancías se transportan por esta vía, por lo cual es necesario realizar la investigación del lugar geográfico, hidrológico y topográfico donde se realizó, así como el nivel de servicio que se pretende dar y el tipo de sistema de drenaje que se utilizó.

Objetivos.

Objetivo General:

Revisar el sistema de drenaje del tramo carretero Cupuancillo – La Peña del Km. 4+000 al 5+000 que en base a estudios e investigación, lograr dar un buen veredicto del sistema de drenaje existente, si realmente cumple con las características principales de un sistema de drenaje y verificar si cumple con su finalidad que es brindar un buen nivel de servicio a la sociedad y como consecuencia, si tiene una larga vida útil la estructura.

Objetivos específicos:

- 1.- Definir qué es una carretera.
- 2.- Definir qué es un sistema de drenaje.
- 3.- Para qué sirve un sistema de drenaje.
- 4.- qué características debe cumplir un sistema de drenaje.
- 5.- qué ventaja tiene la carretera con un buen sistema de drenaje.

Preguntas de investigación.

- 1.- ¿Qué es una carretera?
- 2.- ¿En qué medida beneficia un sistema de drenaje a una carretera?
- 3.- ¿Qué elementos constituyen un sistema de drenaje?
- 4.- ¿Qué daños sufre la carretera sin un sistema de drenaje?
- 5.- ¿Un buen sistema de drenaje afecta en la vida útil de la carretera?

Justificación.

Es de gran importancia la que tiene una vía de comunicación en regiones con escaso potencial económico donde habitan gran cantidad de personas, la presencia de un camino es una revolución en la forma de vida de los habitantes de esa región, indudablemente facilita la introducción de servicios educativos, salud, asistencia social que incorporan esta región al desarrollo, además permite una mayor producción en la agricultura y ganadería que contribuyen a la economía de la zona o región y en consecuencia al desarrollo del país, es por eso que para que las vías de comunicación tengan ese nivel de servicio es necesario que cuenten con un elemento principal que indudablemente contribuirá con el estado físico de la vía como lo es el sistema de drenaje que su principal función es evitar el deterioro de la carretera y aumenten su vida útil.

-Este estudio beneficiara al investigador porque resuelve sus dudas las cuales dieron origen a esta investigación además que le permite tener un panorama más amplio del tema en cuestión.

- A toda la población porque le permite tener acceso a este tipo de información.

- A la Ingeniería Civil porque al realizar este tipo de estudios se puede interferir en el criterio de las personas y fomentar un interés en esta ciencia para posteriormente hacer que los jóvenes que tengan acceso a esta información tengan un panorama mas amplio de esta gran carrera universitaria, además de los trabajos de investigación aportan más conocimientos a esta ciencia.

- A la comunidad estudiantil de la Universidad Don Vasco y a todas las personas que buscan información sobre el tema de sistemas de drenaje para carreteras.

DELIMITACION.

La presente investigación comprende la revisión del sistema de drenaje para el tramo carretero Cupunancillo – La Peña del Km. 4+000 al 5+000 ésta tesis es aplicable para las condiciones geográficas y climatológicas en el momento en que se realizó, todos los estudios realizados y resultados arrojados se limitan solo a este tramo carretero.

La recopilación de información de los autores más importantes para la elaboración de la presente investigación se muestra a continuación:

Mier S. José Alfonso	Introducción a la Ingeniería de Caminos.
Arias Rivera Carlos	Cuaderno de Trabajo de Comportamiento de Suelos.
Aparicio Mijares J.	Fundamentos de Hidrología de Superficie.
Crespo Villalaz Carlos	Vías de Comunicación.
Hernández S. Roberto	Metodología de la Investigación.

Marco de referencia.

El tramo carretero Cupuancillo _ la Peña se encuentra localizado al suroeste del municipio de La Huacana en el estado de Michoacán, México, se encuentra a aproximadamente a 420 metros sobre el nivel del mar, la temperatura ambiente oscile entre los 38°C como máxima y los 18.6° C como mínima.

El tramo carretero esta clasificado como camino tipo “E”, la cantidad de vehículos que circulan por esta carretera es menor a los 100 vehículos diarios y la mayoría del tránsito se clasifica como vehículos ligeros.

Una de las principales actividades comerciales en la comunidad de Cupuancillo al igual que La Peña es la agricultura y la ganadería, además cuentan con servicios de salud donde existe una pequeña clínica comunitaria y servicios de educación primaria y secundaria, el tramo carretero esta construido por la orilla del Río Cupuan y la vegetación en la zona que esta compuesta principalmente por arbustos y huizaches, la topografía clasifica como lomerío suave.

CAPÍTULO 1

VIAS TERRESTRES.

En el presente capítulo se abarcará el concepto de lo que es una vía terrestre como fue evolucionando con el paso del tiempo, se tratarán elementos y conceptos importantes de la ingeniería de tránsito para proyectar un camino, y su relación con la Mecánica de Suelos.

1.1. Antecedentes de los caminos.

De acuerdo con Olivera (2006), en siglos pasados los caminos existentes eran solo para el tránsito de personas a pie, veredas que tribus nómadas formaron con las caminatas que realizaban al trasladarse de un lugar a otro en busca de los lugares más aptos para la cacerías y búsqueda de alimentos. Conforme trascurrieron los años y estas tribus se transformaron en grupos sedentarios, los caminos se convirtieron en vías de comunicación con importancias religiosas, comerciales y de conquista.

Un gran invento que revolucionó a las vías terrestres fue sin duda la rueda, ya que este elemento al ser jalado por animales como los caballos o por seres humanos hicieron más rápidos y cómodos los traslados por lo que fue necesario acondicionar los caminos para hacerlos más eficientes y de esta forma se realizaron caminos por todo el mundo como en Esparta y los mismos Fenicios que se tiene registro como unos de los primeros en el desarrollo de caminos.

Según Mier (1987), los romanos uno de los principales factores del desarrollo de su imperio fue que tenían una red de caminos que eran utilizados con fines militares y se extendían por todo su territorio.

Al respecto, Olivera (2006), Señala que uno de los problemas mas comunes de estos caminos era cuando estaban en zonas de terrenos muy sueltos o blandos, la formación de lodo que hacia mas difíciles las travesías por lo que las personas iniciaron a revestirlos con piedras para cruzar estas zonas sin que las ruedas se hundieran en el lodo y de esta forma se iniciaron los empedrados en los caminos con la finalidad de distribuir los esfuerzos sobre el terreno natural, y en la actualidad nos damos cuenta que una de las principales funciones de los pavimentos es ésta.

1.2. Inventario de Caminos.

En relación con Mier (1987), En el país como en cualquier otra región existen en una gran cantidad de caminos por lo que es necesario con frecuencia hacer un inventario, se puede considerar que la forma mas sencilla de hacerlo sería tomar un automóvil y guiarlo por el camino y tomar la información de los kilómetros recorridos del odómetro del vehículo u otra forma de hacer este inventario sería por medios topográficos pero hacerlo por este medio llevaría realizarlo bastante tiempo y económicamente no sería muy satisfactorio.

En la búsqueda de precisión, economía y rapidéz existe un método para realizar un inventario de caminos llamado odógrafo-giroscópico-barométrico, los datos importantes que se obtienen en la aplicación de este método son: perfil, planta, características de la superficie de rodamiento, secciones transversales, alineamiento horizontal, itinerario, alineamiento vertical, señalamiento, visibilidad, configuración del terreno, obras de drenaje, cruces y entronques con otros caminos, poblados que se comunican con esta vía, uso de tierra laterales del camino. Para realizar este inventario y reunir estos datos que serán de gran

importancia es necesario tener el equipo adecuado como lo es un automóvil en el cual se pueda instalar, el odómetro realizará el conteo del kilometraje de un punto a otro gracias aun dispositivo instalado en una de las ruedas delanteras del vehículo que registra cada una de las vueltas del neumático.

La tarea del barómetro o altímetro es realizar el perfil ya que registra las alturas apreciando diferencias de nivel de hasta tres metros y este determina el alineamiento vertical, en los registros de curvatura en relación al contador del kilometraje como lo es en PC (principio de curva) y PT (principio de tangente) y los azimutes registrados en el giroscopio, utilizando los registros de la brújula. Es necesario fijar claramente los puntos de inicio y termino de camino inventariado para obtener datos claros, precisos y confiables.

El inventario de caminos nos permite saber la capacidad que tiene un camino, su capacidad esta determinada por sus características geométricas y el tipo de transito que circula en esta vía, en relación con las características geométricas son sus secciones transversales, alineamiento vertical, y la distancia de visibilidad de rebase.

En relación al tipo de tránsito que albergara estas vías si se realiza una estimación del volumen de transito en un periodo donde se considere mayor volumen de circulación se obtendrán datos que permitirán hacer mejoras o reparaciones anticipadas.

Otra aplicación del inventario de caminos es poder señalar los lugares donde es necesario hacer reconstrucciones del camino en los lugares donde por algún motivo se daño o simple conservación del camino o también en el caso de una intercesión de algún otro camino.

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

En conformidad con Mier (1987), el movimiento es un concepto de gran importancia para la ingeniería de tránsito ya sea de personas o de vehículos que utilizan las calles o caminos es necesario que lo hagan seguro, rápido y con comodidad.

En la opinión de Olivera (2006), señala que el tener conocimiento del tránsito que utilizara estos caminos ya construidos o en proceso de construcción es primordial para lo que va a ser la sección transversal, ya que este es un elemento esencial para la vía terrestre.

Ya que es necesario poder transitar en un camino con cierta facilidad independientemente del tipo de vehículos ya sean pesados o ligeros.

Como lo señala la SCT (1974), el volumen de tránsito que circula en un determinado lapso de tiempo tomando en cuenta los datos como son la variación, tasa de crecimiento y su composición son factores que determinan el tipo de camino que se va a proyecta, de lo contrario sería un error por que el camino proyectado no sería funcional ya que el tránsito sería mayor y provocaría congestionamientos o bien volúmenes inferiores de tránsito a la demanda vial.

Algunas de las definiciones que nos señala la SCT en relación al tránsito son:

Volumen de tránsito. Es la cantidad de vehículos que en un determinado intervalo de tiempo cruzan por un tramo de la carretera, y la clasificación de los intervalos utilizados son la hora y el días por lo cual se obtiene, tránsito horario TH y tránsito diario TD respectivamente.

Densidad de tránsito. Es la cantidad de vehículos que se encuentran en un determinado tramo de la carretera o camino en un tiempo específico.

Tránsito promedio diario. De los volúmenes registrados de vehículos se hace un promedio en un cierto tiempo como puede ser por semana o año por lo tanto los mas usuales serian tránsito promedio diario semanal TPDS y el tránsito promedio diario anual TPDA respectivamente.

Tránsito máximo horario. Es la cantidad máxima de vehículos que pasan en un determinado tramo de la carretera en una hora, comúnmente este tramo carretero es observado durante un año para registrar la cantidad de los vehículos.

Volumen horario de proyecto. Registrar el volumen horario de tránsito de vehículos es primordial ya que este refleja las características geométricas del camino y se representa con las siglas VHP.

Tránsito generado. Al construir o mejorar carreteras comúnmente el volumen de transito se ve incrementado por lo tanto el volumen se registra, y se designa como transito generado.

Tránsito desviado o inducido. Comúnmente el transito que circulaba por vías diferentes al observar el mejoramiento o construcción de caminos que los pueden llevar a un mismo destino tienden a utilizar estos caminos nuevos o remodelados.

Como expresa Mier (1987), en la actualidad los vehículos modernos demandan caminos mas rápidos, seguros, eficaces y aquí radica exactamente el problema del tránsito, que los caminos existentes no cumplen con estas demandas ya que estos caminos fueron proyectados para vehículos de hace cuatro décadas atrás o mas por lo cual no satisface las necesidades de tránsito actuales, otro factor importante en el problema de tránsito es que en un mismo camino encontramos diferentes tipos de tránsito como lo son autos nuevos, autos

viejos, camiones, bicicletas, personas, animales, anexando mas problemas podemos encontrar trazos urbanos con geometrías malas, demasiados angostos, con pendientes muy fuertes o sin pendientes u obras de drenaje inexistentes consecuencia de inundaciones viales, falta de educación vial, todos estos factores y mas, se ven reflejados en accidentes automovilístico, atropellamiento de personas provocando una gran perdida de vidas humanas con mucha frecuencia, congestionamientos viales y es una total perdida de tiempo.

El problema del transito tiene soluciones, pero es necesario hacer inversiones económicas que al final de cuentas estas se verán amortizadas con el nivel de funcionalidad del camino o vía terrestre.

La solución integral del problema del tránsito sería construir caminos propios para automóviles modernos, deben hacerse proyectos con trazos nuevos para alojar estos automóviles, pero esto es casi imposible en las ciudades actuales, aunque en algunos proyectos esto ya se toma en cuenta.

La solución parcial de bajo costo no es más que aprovechar la infraestructura y condiciones existentes adoptando leyes y reglamentos a las necesidades del transito, inducir a la sociedad con campañas una educación vial, señalamientos y semáforos.

Solución parcial de alto costo como su nombre lo indica es necesario hacer fuertes inversiones en infraestructura como ensanchamiento de calles existentes, intersecciones, desniveles, estacionamientos públicos, puentes peatonales, semáforos.

Los elementos básicos que conforman el tránsito son tres, el usuario, el vehículo y el camino.

El usuario lo constituye la población en general, en vehículo o a pie todos utilizan los caminos para desplazarse de un lugar a otro, pero desde el punto de vista de tránsito los dos tienen perspectivas diferentes.

El peatón una de sus características es la capacidad de movimiento y adaptación a condiciones del camino, el peatón es el elemento que tiende a sufrir la mayor cantidad de accidentes. Una de las vías o caminos para el peatón es la banqueta por lo que es necesario que esta también sea rápida, fluida y segura.

El conductor siendo responsable del movimiento y control del vehículo, que puede hacer de este un elemento de primera necesidad a un objeto letal con un simple movimiento en el volante y ejerciendo una leve presión en el pedal, pondría en peligro la vida de las personas. Por lo que es necesario formar en la persona una educación vial, que el usuario respete los señalamientos y respeto al peatón, pero las exigencias de los vehículos de la actualidad exigen más al conductor por la potencia de sus motores y el silencio que en la actualidad tienen. Pero la visibilidad que al proyectar un camino debe tomarse en cuenta como en el caso del alumbrado en las calles de las ciudades y otro factor importante es el tiempo de reacción, estos dos elementos inciden directamente en el conductor por lo que es necesario que el conductor tome en cuenta el estado de su vista, y considere la posibilidad de utilizar lentes por alguna enfermedad en los ojos. El tiempo de reacción es la capacidad de resolver o tomar decisiones en segundos cuando se ve expuesto a situaciones que pueden poner en peligro la integridad propia de un individuo ya sea personal o terceras personas.

Estas reacciones son psicológicas mediante una percepción de un estímulo, se inicia un juicio y se realiza una orden. El estímulo puede ser percibido

por cualquiera de los sentidos que es enviado al cerebro el cual toma una decisión y manda una señal al músculo y este ejecuta un movimiento.

El tiempo de una reacción es muy variable dependiendo de la velocidad con la que se conduce el vehículo y la capacidad que de reacción tiene la persona, y además también depende de la situación puede influir el clima, el estado de animo, el cansancio, el clima, la noche, el sol, enfermedades, si se utilizaron drogas, alcoholismo que es una de las causas que provocan un mayor numero de accidentes automovilísticos.

Otro elemento que la ingeniería de tránsito utiliza para el proyecto es el vehículo en países como EUA existe la mayor densidad de autos por lo cual también es uno de los mayores productores de vehículos.

El vehículo ha dejado de ser un objeto que solo las personas con posibilidades económicas podían tener, para ser un objeto de primera necesidad por lo que es necesario proyectar caminos para que puedan circular vehículos de todo tipo, y tomar en cuenta las exigencias de los autos a futuro.

En relación con lo señalado SCT (1974), una camino debe permitir al vehículo transitar de manera rápida, segura, confiable y cómoda por lo tanto es necesario proyectar el camino de acuerdo alas necesidades del vehículo.

Lo vehículos que transitan por una carretera pueden clasificarse como ligeros, pesados y especiales, el vehículo ligeros lo componen los que comúnmente tienen dos ejes y cuatro ruedas y los utilizan para el traslado de pasajeros o cargas ligeras y en esta clasificación entran los automóviles o camionetas, los vehículos pesados están compuestos por dos o mas ejes, y seis o mas ruedas como son los autobuses y camiones, los vehículos especiales son todos los demás que no entran en las clasificaciones anteriores y son los

vehículos que eventualmente transitan como los camiones con remolques especiales utilizados para transportar minerales, troncos, maquinaria pesada, o productos de gran volumen.

Es de gran importancia al realizar el proyecto de una carretera conocer las características geométricas y de operación de los vehículos para que esta carretera funcione eficientemente y es recomendable proyectar un camino no solo con las características actuales de los vehículos, por lo que es necesario ver la tendencia de las características de los vehículos a futuro para prevenir realizar las modificaciones en los caminos a futuro.


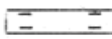


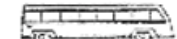

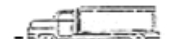
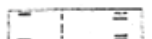
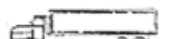



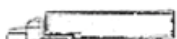

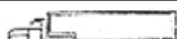

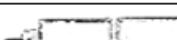
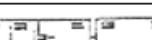
TIPO DE VEHICULO		NUM. DE EJES	ESQUEMAS		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES		POCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS	
			PERFIL	PLANTA					
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	2			Ap	-	46	58	
	CAMIONETAS				Ac				
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2			B	-	12		
	CAMIONES	2			C2	73	100	30	42
		3			C3	13			
					T2-S1				
		4			T2-S2	7			
		5			T3-S2	7			
					T2-S1-R2				
				OTRAS COMBINACIONES					
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES	V A R I A B L E			E* n= variable	V A R I A B L E			
	MAQUINARIA AGRICOLA								
	BICICLETAS Y MOTOCICLETAS								
	OTROS								

Tabla 1.- Clasificación General de los Vehículos.

“El camino es la faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos “(Mier, 1987: 35).

Los caminos son clasificados de acuerdo al tipo de material con el que esta construido como son: Caminos pavimentados, caminos revestidos, caminos de terrecerías.

Se clasifican también por su capacidad de tránsito como Autopistas, camino de dos carriles, brechas.

También tienen una clasificación administrativa: Caminos federales, caminos de cooperación bipartita, caminos de cooperación tripartita, caminos de cuota, se pueden clasificarse los caminos también por su longitud según su entidad federativa.

1.4. Velocidad.

Al respecto, Mier (1987), comenta que la velocidad es un parámetro en el cálculo del proyecto, la velocidad es un factor muy importante en un camino ya que de esta depende la funcionalidad de la vía, de que tan rápido se desplazan personas y mercancías.

La velocidad máxima para proyecto siempre está por debajo de la real que puede alcanzar un automóvil en esa carretera pero por seguridad se proyecta con una velocidad la cual sea rápida y segura por lo tanto se le denomina velocidad de proyecto.

La velocidad de proyecto varia de acuerdo al terreno si las carreteras tienen pendientes suaves y un terreno plano la velocidad de proyecto es mayor a una carretera que esté en un terreno montañoso con pendientes fuertes. Pero es recomendable proyectar con una sola velocidad de proyecto.

Para definir la velocidad de proyecto se toma en cuenta la topografía del lugar y la zona donde se va a construir, el tipo de carretera que va a ser el volumen de vehículos al que dará el servicio y el uso de tierra como por ejemplo si es una ciudad industrial o una zona turística que el tipo de usuario es diferente. Velocidad de proyecto. “Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino y se utiliza para determinar los elementos geométricos del mismo.” (SCT, 1974: 101).

Según Mier (1987), La velocidad de operación es la velocidad real con la cual el vehículo se desplaza por la carretera y es un factor que mide lo eficiente que puede ser esta vía y es definida como la velocidad constante que puede mantener un vehículo en un tramo carretero.

Un vehículo cuando circula por un camino y los volúmenes de tránsito que circulan por la misma vía son altos la velocidad de operaciones se ve afectada por la cercanía de otros autos y la velocidad tiende a disminuir y cuando los volúmenes son mínimos la velocidad tiende a acercarse a la velocidad de proyecto.

Velocidad de operación. “Es la máxima velocidad a la cual un vehículo puede viajaren un tramo de un camino, bajo las condiciones prevalecientes de tránsito y bajo condiciones atmosféricas favorables, sin rebasar en ningún caso la velocidad de proyecto del tramo.” (SCT, 1974: 101)

Como expresa Mier (1987), cuando se instala un punto de observación en un camino y cruza un vehículo con una determinada velocidad y se registra, se le denomina velocidad de punto, esta velocidad puede ser representativa a la velocidad de operación, en tramos largos el promedio de la velocidad de punto del registro de varios vehículos, arrojaría la velocidad de operación de la carretera,

una de las maneras mas conocidas de medir la velocidad de punto es con un instrumento llamado Enoscopio se pintan una línea al frente del observador con el instrumento y al pasar el vehículo al instante se activa un cronómetro y al cruzar una segunda línea o marca se registra la velocidad del móvil, la distancia de las marcas puede hacerse de 50 metros.

Velocidad de punto."Es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto de un camino. Los valores usuales para estimarla, son el promedio de las velocidades en un punto de todos los vehículos, o de una clase establecida de vehículos" (SCT, 1974: 101).

Según Mier (1987), la velocidad global permite saber que tan fluido es el tráfico en las carreteras o en ciertas vías o rutas sobre todo cuando ésta ha sido modificada, o reconstruida ya que la velocidad global es el promedio de las velocidades que alcanzó un vehículo en la longitud establecida de cierto camino la cual se calcula dividiendo la distancia total recorrida por el vehículo entre el tiempo empleado en recorrerla. Es importante incluir el tiempo perdido en tráfico, semáforos o congestionamientos viales o cualquier demora pero no se considera el tiempo perdido en gasolineras, restaurantes u otras demoras que son indirectas del tránsito vial.

1.5. Volumen de tránsito.

En relación con lo señalado por Mier (1987), Volumen de tránsito es la cantidad de vehículos que transitan en un camino, en una o en dos direcciones pero que cruzan un punto determinado de la misma, en un cierto periodo de tiempo como puede ser una hora determinada o un día específico.

Volumen Promedio Diario Anual (VPDA) cantidad de vehículos que transitan en un camino en una o en dirección opuesta pero que cruzan un punto determinado de la misma, en un periodo de tiempo equivalente a un año.

El volumen de tránsito proyectado no debe ser rebasado muy a menudo de lo contrario el camino no sería funcional ya que tendría congestiones viales. Para hacer los registros de los volúmenes de tránsito es necesario hacer conteo de los vehículos que transitan el camino los conteos pueden realizarse de forma manual o también mecánica.

Para hacer el aforo más sencillo y económico es necesario hacerlo de forma manual a lo que se le denomina muestreo.

Para realizarlos se recomienda periodos de 5 a 10 días continuos y con lapsos de tiempo de 24 horas durante 5 días y 19 horas continuas para los otros 5 días restantes, los conteos de los vehículos es recomendable realizar una clasificación, vehículos ligeros que en promedio pesan menos de 2.5 toneladas que son automóviles, pick ups, camiones ligeros y vehículos pesados que en su promedio pesan más de 2.5 toneladas como camiones, autobuses el registro se hace de forma manual en un papel y un lápiz y/o lapiceros o con un equipo mecánico operado manualmente.

El conteo de los vehículos como se mencionó también puede hacerse de forma mecánica utilizando varios dispositivos como lo son los neumáticos que es un tubo de goma que se cruza en el camino y conforme cruza un vehículo las ruedas lo presionan e impulsan un diafragma y se realiza un registro, cada dos impulsos para vehículos de dos ejes pero tiene un inconveniente que no es capaz de realizar una clasificación de los vehículos que transitan por el camino.

Los contadores electromagnéticos, estos dispositivos tienen un circuito de dos hilos, por uno de estos hilos cruza una corriente eléctrica de alta frecuencia que provoca en el otro hilo una corriente inducida, pero el registro se realiza al momento de cruzar un vehículo masa metálica del móvil provoca un cambio de intensidad en la corriente eléctrica y en ese momento se realiza el registro del tránsito vehicular pero tiene un inconveniente que no es capaz de realizar una clasificación de los vehículos que transitan por el camino.

También existen otros tipos de dispositivos como los de presión-tacto que funciona de la siguiente manera, estos van colocados en una caja y ubicados bajo la superficie de rodamiento en la parte superior de la caja dispone una placa metálica unida con un resorte esta placa es presionada al paso del vehículo y produce una corriente eléctrica y en ese momento se realiza el registro del vehículo es muy común utilizar este tipo de dispositivos en los caminos de cuota pero igual que los anteriores no es capaz de realizar una clasificación de los vehículos que transitan por el camino.

1.6. Densidad de tránsito.

“La densidad es el número de vehículos que se encuentra en un tramo de un camino en un momento determinado.” (Mier, 1987: 55).

Según Mier (1987), la diferencia entre la densidad y el volumen de tránsito consiste en que el volumen es la cantidad de vehículos que pasan en un lapso de tiempo, de tal forma que cuando un camino se encuentra congestionado el volumen puede ser cero mientras la densidad puede ser muy alta.

1.6. Derecho de vía.

De acuerdo con Mier (1987), Se le denomina derecho de vía al ancho del terreno que es adquirido para la carretera y es también el derecho de vía un elemento que integra a esta vía de comunicación.

En México el derecho de vía es considerado de cuarenta metros, los cuales son veinte para cada lado tomando como referencia el eje del camino existen casos donde puede reducirse o aumentarse el ancho como es el caso cuando la carretera cruza una zona urbana o es una autopista.

El procedimiento para adquirir la propiedad del derecho de vía en México, pueden variar de acuerdo al tipo de camino del que se trate, y depende también de donde son enviados los recursos económicos con los que se construirá pueden ser federales, de cooperación bipartita o de cooperación tripartita.

En la “Ley de Vías Generales de Comunicación“, queda plasmado el procedimiento para los caminos federales.

1.8. Capacidad y Nivel de servicio.

Al respecto SCT (1974), La capacidad esta en función de la eficiencia de un camino de acuerdo al servicio y a la demanda que presta al usuario.

Es necesario tener conocimiento general de las características del tránsito y de los volúmenes bajo condiciones físicas y de operación para poder determinar la capacidad.

No puede tratarse la capacidad de un camino si no va de la mano con el nivel de servicio, ya que la capacidad es uno de los tantos niveles con los que puede operar un camino.

Según Mier (1987), capacidad es el número máximo que puede circular por un camino en un periodo determinado de tiempo, el periodo determinado de tiempo debe ser estrictamente definido, se pueden definir periodos cortos como de una hora o menos y se considera como la capacidad al máximo tránsito que se registro durante el tiempo especificado.

Cuando se consideran tiempos largos como un día o un año existen variaciones horarias diarias y estacionales y se considera como la capacidad cuando la demanda es la máxima lo que se denomina como “capacidad posible”. Al respecto SCT (1974), tener el conocimiento de la capacidad o del volumen de servicio de una vía se puede dirigir a dos propósitos en particular.

Para proyectar una obra nueva, la capacidad influye directamente en las características del proyecto geométrico por que en parte estas van a suministrar el nivel de servicio establecido considerado en el análisis del volumen horario.

Al proyectar un camino no es recomendable fijar condiciones de operación a un nivel de servicio igual a la capacidad ya que esto es equivalente a tener condiciones desfavorables desde la apertura al tránsito. Por lo que es recomendable determinar un nivel de servicio aceptable para los usuarios y algunos de los factores que intervienen en el nivel de servicio son los económicos, limitaciones físicas y el grado de seguridad que se quiera brindar.

El segundo propósito es para la investigación de operación de un camino existente, el análisis del volumen de tránsito que circula por un camino existente, el volumen de servicio de acuerdo con sus características del proyecto geométrico permite saber el nivel de servicio en el que opera esta carretera y predecir el tiempo en que esta vía pueda tener posibles congestionamientos viales.

En conformidad Mier (1987), factores como la velocidad, el tiempo de recorrido, efectos del tránsito, la seguridad, manejo del vehículo, costos de operación todos estos de acuerdo a los volúmenes de tránsito presentados que pueden ser variados son factores que determinan el nivel de servicio.

De acuerdo a las velocidades que puedan alcanzarse en un camino y de los volúmenes y composiciones del tránsito esta vía puede operar a muchos niveles de servicio.

“Volumen de servicio es el volumen de tránsito correspondiente a un determinado nivel de servicio” (Mier, 1987: 60).

“El volumen de servicio máximo es igual a la capacidad”. (Mier, 1987: 60).

De acuerdo con Mier (1987), Las características geométricas y las pendientes impactan directamente sobre los vehículos como por ejemplo los caminos que se encuentran en los terrenos planos permiten que los vehículos pesados mantengan una velocidad semejante a los vehículos ligeros, los caminos en lomeríos por sus pendientes que son mas prolongadas mantienen a los vehículos pesados con velocidades menores a la de los vehículos ligeros y en caminos que se encuentran en terrenos montañosos los vehículos pesados operan con velocidades muy bajas que con frecuencia causan un problema a los vehículos mas ligeros que operan con velocidades mas rápidas en este tipo de caminos.

De acuerdo a la operación de los vehículos en un camino es determinada la capacidad, la cantidad de vehículos pesados afectan directamente en las velocidades de vehículos más ligeros y pueden tener variaciones según el tiempo y la época del año como por ejemplo si es un camino con algún destino vacacional se ve mayor demanda de usuarios y por consecuencia mayor tránsito de vehículos, también pueden ser caminos que se vean con mayor tránsito en fines de semana o en determinadas horas del día, un camino que tiene la habilidad de alojar un volumen horario de tránsito depende de sus dimensiones y de las variaciones en periodos de tiempos no muy significativos.

En la mayoría de los caminos es común que en determinado momento se rebase el tránsito, pero es un número pequeño de horas al año, pero si se proyectara un camino para el volumen horario máximo su capacidad estaría excedida durante la mayoría del año a excepción de algunas horas por lo que sería totalmente antieconómico.

El volumen horario de proyecto debe evaluarse para determinarlo basándose en estudios entre el costo y el servicio que se desea dar al usuario.

1.9. Distancia de visibilidad.

Al respecto SCT (1974), la distancia o longitud de camino que ve el conductor cuando transita por una vía se denomina distancia de visibilidad.

La distancia de visibilidad de parada es la velocidad con la que transita un vehículo y tiene el tiempo necesario para detener su vehículo cuando tiene un obstáculo y es necesario detenerse antes de poder tener contacto con él.

Los vehículos pesados que recorren un camino requieren una mayor distancia de visibilidad que un vehículo ligero y sin duda los operadores de camiones pesados tienen mayor distancia de visibilidad al estar ubicados en un lugar más alto que un conductor de un automóvil ligero por lo que al tener mayor distancia de visibilidad tiene mayor tiempo de frenado y una ventaja es que circulan con una velocidad menor que la de un vehículo más ligero.

La distancia de rebase es la visibilidad que tiene el conductor de un vehículo para poder adelantarse a otro vehículo pero que no invada el carril contrario al momento de realizar la maniobra sin poner en peligro o riesgo a un tercer vehículo que circule en sentido contrario, la distancia de visibilidad de rebase es aplicada en caminos que tienen dos carriles con sentidos opuestos ya que los carriles con dos, tres o más carriles que circulan en un mismo sentido no interfieren en la circulación de los carriles contrarios.

Los vehículos pesados que circulan en pendientes descendentes tienen a ser rebasados ya que el usuario que circula con vehículos más ligeros tiende a reducir el tiempo de maniobra y una aceleración más rápida y los camiones pesados no aceleran en este tipo de pendientes para tener un mayor control de los mismos.

Los vehículos pesados que circulan en pendientes ascendentes tienden a circular con velocidades bajas por lo que tienden a ser rebasados por vehículos más ligeros debido a la velocidad que estos mantienen y la visibilidad de rebase es mayor pero se ve compensada por la velocidad rápida con la que circulan los vehículos que transitan en sentido contrario.

1.10. Mecánica de suelos.

“ la mecánica de suelos, es la rama de la Ingeniería Civil que estudia la aplicación de las leyes de la Mecánica e Hidráulica a los problemas de la ingeniería que trata con sedimentos y otras acumulaciones no consideradas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan contenido de materia orgánica.” (Arias, 1984: 1).

La mecánica de suelos en las vías terrestres es aplicada principalmente en la determinación de las características y selección de materiales que conformaran un relleno o un terraplén, es de vital importancia identificar los suelos que puedan ser utilizados determinando las propiedades índices de los materiales como son: granulometrías, límite de plasticidad, contenido natural de agua y contenido de materia orgánica.

De acuerdo con Arias (1984), los factores principales que influyen de manera directa en la relación suelo-estructura sin duda son la compresibilidad que es la deformación que sufre un material al aplicarle una carga, resistencia al corte que es la resistencia que tiene un material al esfuerzo cortante y cuando ocurre la falla se le denomina esfuerzo límite, la falla puede ser por fractura o flujo plástico. Y el tercer factor es la permeabilidad que es el indicador de la capacidad del agua en fluir a través de un suelo sujeto a un gradiente hidráulico.

Los procesos naturales que sufren las rocas son la desintegración mecánica y la descomposición química.

La desintegración mecánica se produce por los siguientes factores como el congelamiento cuando el agua se introduce por las fracturas de las rocas y en un determinado momento esta se congela y aumenta su volumen se asemeja a una cuña la cual fractura más la roca, los cambios de temperatura, los organismos como las raíces de un árbol, efectos telúricos como los sismos o terremotos, el viento y el agua por sus efectos abrasivos, efectos de la gravedad como los derrumbes y taludes.

La descomposición química se produce cuando la roca que es un compuesto de minerales al tener contacto con el agua se produce una reacción química como el ácido carbónico y el bióxido del carbono natural de aire producen en la roca un tipo de intemperismo y la roca comienza a sufrir una desintegración de estructura natural y de acuerdo a los componentes u minerales de las rocas en descomposición se denomina el tipo de suelo que forman como por ejemplo las rocas con gran cantidad de feldespato producen suelos arcillosos o las rocas con altos contenidos de hierro producen suelos limosos o arcillosos.

Existen dos tipos de suelos los residuales y los transportados, los suelos residuales son aquellos que permanecen exactamente en el lugar donde fueron formados este tipo de suelos comúnmente tienen gran capacidad de carga.

Los suelos transportados como su nombre lo dice son aquellos que son removidos del lugar de origen y depositados en otros sitios, uno de los principales transportes de estos suelos es el agua pero existen otros como el viento, los glaciares y la gravedad y de acuerdo a la forma de transportarse estos suelos se dividen en:

-Suelos Aluviales. Son los suelos que su principal transporte es el agua y de acuerdo a la velocidad y la cantidad de agua, se determinante el tamaño del material transportado cuando corre poco agua los suelos mas finos tienden a transportarse y cuando el tirante y la velocidad del agua es mayor se pueden ver transportados suelos mas gruesos inclusive rocas de tamaños considerables.

-Suelos Lacustres. Son los suelos que se forman por acarreo de algunos ríos que al llegar a un lago y pierde velocidad el agua las partículas se asientan formando este tipo de suelos.

- Suelos Eólicos. En este tipo de suelos su principal transporte es el viento como las Dunas y los Loess, las dunas pueden estar sueltas o algo compactas dependiendo los efectos de la lluvia, los loess son suelos formados por arcillas y limos y tienden a ser muy colapsables al tener contacto con el agua.

-Depósitos de pie de monte. Formados principalmente por efectos de la gravedad estos suelos son formados por material derrumbado una de las características principales de estos suelos es la heterogeneidad con la que están constituidos por que se puede encontrar materiales revueltos como arcillas, limos, gravas, arenas e inclusive material orgánico como troncos de árbol y como resultado, estos suelos tienden a tener una muy baja capacidad de carga.

Las propiedades físicas de los suelos son muy importantes ya que de estas depende su comportamiento, La estructura de los suelos gruesos se le considera simple ya que las partículas se apoyan una sobre otra en forma continua por simple gravedad o peso propio de las partículas.

Los factores que influyen en el comportamiento de los suelos gruesos son:

- Condiciones de drenaje. el efecto del agua sobre los suelos grueso es desfavorable ya que esta disminuye considerablemente su resistencia al corte y produce un aumento en su compresibilidad.
- Compacidad del suelo. Este comportamiento en suelos gruesos es muy importante ya que los suelos que tienen la capacidad de compactarse son de mayor utilidad en la construcción.
- Granulometría. La distribución de tamaños en los suelos es muy interesante ya que estos suelos al tener una menor relación de vacíos tienden a tener un mejor comportamiento y ser más útiles.
- Resistencia individual, dureza y forma de los granos. Estas características en las partículas de estos suelos son muy importantes ya que estos son los principales factores del comportamiento de suelo.

La estructura de los suelos finos. Las fuerzas electromagnéticas propias de las partículas y las fuerzas de origen molecular son determinantes en su comportamiento, el tamaño de estas partículas son muy pequeñas que no pueden ser observadas a simple vista. Las estructuras mas comunes de estos suelos son llamadas panaloides, floculentas y dispersa.

La estructura de las arcillas es en su mayoría panaloides estas partículas al entrar en contacto con el agua sufren un fenómeno electromagnético en su superficie y generan una atracción entre ellas las floculaciones aumentan las concentraciones de sales en el agua por lo que las floculaciones son mayores en arcillas que están en contacto con el agua de mar.

Un suelo esta formado por partículas de tamaños diferentes por lo que es común que existan vacíos entre estas partículas por lo que estos espacios pueden estar parcial o totalmente saturados de agua por lo que entran es juego tres fases la sólida, la liquida y la gaseosa.

Para identificar los suelos o poder prever su posible comportamiento mecánico se han establecidos relaciones entre los pesos y volúmenes de las fases.

Un suelo que esta formado por las fases sólida y líquida se denomina suelo saturado, otro suelo que esta formado por las fases sólida y gaseosa se le considera un suelo seco y al suelo que esta formado por las tres fases se le considera un suelo parcialmente saturado.

“Relación de vacíos. Se denomina relación de vacíos, oquedad o índice de poros a la relación entre volúmenes de vacíos y volúmenes de sólidos en un suelo” (Arias, 1984: 5).

“Porosidad. Se llama porosidad de un suelo a la relación entre su volumen de vacíos y el volumen de su masa” (Arias, 1984: 5).

“Grado de saturación. Esta es la relación entre el volumen del agua de un suelo y su volumen de vacíos. El grado de saturación nos permite observar si un suelo es seco, parcialmente saturado o saturado.” (Arias, 1984: 5).

“La Granulometría es la parte de la Mecánica de Suelos que estudia lo referente a las formas y distribución de tamaños de las gravas o partículas que constituyen un suelo.” (Arias, 1984: 5).

De acuerdo con Arias (1984), los suelos gruesos tienen forma equidimensionales, las arcillas y micas tienen formas en placas y las menos comunes que son la forma tubular en algunas arcillas.

El análisis granulométrico en suelos gruesos son aquellos que su tamaño varia entre 0.074 y 76.2 mm. Un suelo grueso con una amplia gama de tamaños tiene un comportamiento más favorable que algunas granulometrías uniformes.

Para realizar una granulometría o alguna medición de los granos pueden utilizarse dos métodos el directo o con mallas.

El método directo consiste en tomar una partícula de forma manual y medirla con un aparato de precisión como el Vernier este método puede hacerse en partículas con tamaños de 3 pulgadas.

El método con mallas consiste en utilizar una serie de mallas descendentes de tamaños, ya que están ordenadas se les deposita el suelo el cual debe estar seco y libre de materia orgánica, el juego de mallas se agita en forma horizontal y vertical en un lapso de tiempo de 5 o 10 minutos, luego se pesa el material retenido en cada malla con cuidado para no tener perdidas se calcula el porcentaje retenido en cada malla con respecto al peso total de la muestra, y al final se grafica de forma semilogaritmica el porcentaje del material que pasa, en peso, y el diámetro de la malla, una vez graficados los resultados se obtiene la llamada Curva de Distribución Granulométrica.

Para determinar la granulometría en suelos finos que son partículas con tamaños menores a 0.074 mm. Se utiliza el procedimiento llamado hidrómetro, este método consiste en establecer una mezcla homogénea de suelo-agua y se utiliza para observar la velocidad de sedimentación de las partículas grandes que es mayor que el de las partículas pequeñas, si se realiza esta prueba varias veces se obtienen resultados mas exactos.

La granulometría en suelos finos no es tan importante como en suelos gruesos ya que el comportamiento en los suelos finos se debe principalmente a la forma de las partículas y a la composición mineralógica ya que por ejemplo en dos suelos finos se puede tener una misma granulometría pero diferentes comportamientos esto se debe principalmente a la forma de sus partículas las laminares son mas compresibles y mas plásticas que las partículas equidimensionales o los limos que tienen sus partículas mas redondas por lo tanto son menos compresibles.

En un suelo con una mayor distribución de tamaños de sus partículas tiene un mejor comportamiento ya que al ser un suelo bien graduado los huecos entre partículas mas gruesas será ocupados por granos mas pequeños y no existirá vacíos, y en suelos con granulometrías uniformes no existe este comportamiento entre partículas por lo que tendrá una menor capacidad de carga considerando en este ejemplo un mismo material para ambos suelos.

La plasticidad es la capacidad de un cuerpo para deformarse sin regresar a su estado igual elásticamente, sin tener variaciones volumétricas apreciables y sin fracturarse o desmoronarse.

Es conocido que todos los materiales, aun los más rígidos son deformables y otros cuerpos que son elásticos estos cuerpos al sufrir una deformación tienen las propiedades para regresar a su forma original y otros cuerpos al aplicarles una carga sufren deformaciones y ya no regresan a su forma original a estos se les consideran materiales plásticos.

Uno de los métodos más aplicados para medir la plasticidad en las arcillas es el de Atterberg, demostrando que la plasticidad no es una propiedad permanente de las arcillas si no que es una circunstancia provocada específicamente por la cantidad contenida de agua derivando los llamados estados de consistencia. Los estados de consistencia son las fases que sufre una arcilla con contenido de agua al irse secando.

Limite líquido (LL). Fase de un suelo fino con una cantidad de agua que solo tiene una resistencia al esfuerzo cortante de 25 gr/cm^2 . El método de Copa de Casagrande que es utilizado en el laboratorio determina el valor de resistencia que tiene el suelo y consisten en colocar una mezcla de suelo totalmente homogéneo dentro de la copa y enrasarlo, en seguida con un ranurador especial se le hace una ranura dividiendo el suelo en dos partes simétricas y con un dispositivo manual integrado eleva la copa u la deja caer repentinamente, repitiendo el procedimiento varias veces hasta que se cierra la ranura formada. Para determinar el Limite Líquido se realiza mediante tanteos si se utilizan aproximadamente 25 golpes para cerrar la ranura que se hizo en el suelo estamos en el Limite Líquido es común realizar este procedimiento cuatro veces de tal manera que si dos de las cuatro muestras fueron más de 25 golpes y las otras dos estuvieron por debajo de este número se realiza una gráfica con los resultados de cada prueba, en el eje de las ordenadas se representa el contenido de agua en porcentaje ($w\%$) y en el eje de las abscisas el número de golpes (N) esto en escala logarítmica, si se encontrara que los puntos obtenidos pueden unirse casi con una recta entonces se ubican el número de los 25 golpes en el eje de las abscisas y se traza una línea perpendicular hasta la intersección y este será el valor correspondiente al contenido de agua en el eje de las ordenadas.

Limite Plástico (LP). Es la fase en la cual el suelo de acuerdo a la cantidad de agua, empieza a perder sus propiedades plásticas y comienza a entrar a un estado semisólido, el límite Plástico se determina en el laboratorio utilizando aproximadamente 1cm^3 de suelo y sobre un vidrio se empiezan a formar rollitos de suelo con los dedos y se realiza un movimiento constante hasta que los rollitos empiezan a agrietarse, y cuando esto sucede puede decirse que el suelo está llegando a su Limite Plástico y se toma un registro rápidamente de su contenido de agua.

Limite de Contracción (LC). Es la fase en la cual el contenido de agua a partir del cual el volumen del suelo permanece constante aunque la humedad disminuya. Es muy común ubicar este límite visualmente ya que el suelo al ir perdiendo humedad va cambiando su coloración de un café oscuro a un café más claro, cuando un suelo pierde el agua en su totalidad, su volumen disminuye y esto es consecuencia de la tensión capilar que es producto del agua intersticial.

Estos límites ya mencionados son especialmente para determinar la plasticidad de las arcillas, el rango de los contenidos de agua por los cuales un suelo tiene comportamientos plásticos se le conoce como Índice de Plasticidad la cual numéricamente no es más que la diferencia del Limite Líquido y el Limite Plástico.

La Carta de Plasticidad. En base al comportamiento de los suelos en relación al Limite Líquido y al Índice de Plasticidad, Casagrande construyó la Carta de Plasticidad de tal forma que localizando un suelo en ella se puede obtener información importante sobre su comportamiento.

La carta clasifica los suelos con un símbolo de esta manera:

-Limos inorgánicos (M).

- Arcillas inorgánicas (C).
- Limos y arcillas Orgánicas (O).

De acuerdo a su Limite Líquido estos suelos se dividen en dos grupos, si el límite es menor al 50% son suelos de baja o mediana compresibilidad y se les añade la letra (L) y los suelos con un Limite Líquido mayor al 50% son suelos de alta compresibilidad y se les agrega la letra (H).

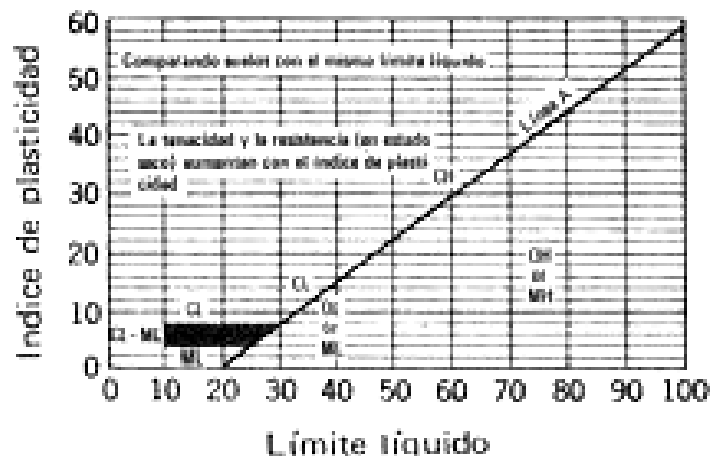


Gráfico de plasticidad para la clasificación en laboratorio de suelos de grano fino

Imagen 1.- carta de plasticidad.

Clasificación de Suelos, existen gran variedad de suelos con diferentes propiedades físicas y comportamientos mecánicos por lo que fue necesario clasificarlos y el encargado de realizarlo fue A. Casagrande y dio pie al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Este sistema considera un suelo grueso si mas del 50% de sus partículas son retenidas por la malla numero 200 (0.074 mm) y un suelo fino si mas del 50% de un suelo logra pasar por esta malla, el porcentaje esta relacionado al peso total de la muestra de suelo.

El (SUCS), en referencia a los suelos gruesos los clasifica como:

-Gravas (G).

-Arenas y suelos arenosos (S).

La diferencia consiste en hacer pasar un suelo por la malla numero 4 (4.76 mm) el material que logre pasar por esta malla pertenecerá al grupo (S) y el material que sea retenido por la malla numero 4 pertenecerá al grupo (G).

Pero para clasificar a un suelo de forma general como por ejemplo del grupo (G) es necesario que mas del 50% de su fracción gruesa (material que no paso la malla numero 200) no pasa la malla numero 4 y si mas del 50% de la fracción gruesa logra pasar la malla numero 4 este suelo pertenecerá al grupo de las arenas (S).

Los suelos gruesos se subdividen dependiendo de su limpieza, graduación y cantidad de finos que tengan y su clasificación es:

-Material limpio de finos, bien graduado (W).

-Material limpio de fino, mal graduados (P).

-Material con finos no plásticos (M).

-Material con finos plásticos (C).

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, en los suelos gruesos nos muestra que los símbolos anteriores precedidos por una letra de la clasificación de las características nos arroja un grupo con características propias como por ejemplo los grupos (GW) Y (SW) da entender que son suelos bien graduados y con pocos fino o bastante limpios el contenido de finos en estos grupos será menor de un 5% en peso.

En los grupos (GP) Y (SP) de igual manera este tipo de suelos al considerarse mal graduados, tienden a tener una granulometría uniforme y con ausencias de tamaños intermedios un ejemplo de esto son las arenas de playas.

En el grupo (GM) Y (SM) cuando existen porcentajes de finos mayores al 12% en peso en estos suelos, afecta el comportamiento mecánico sobre todo en su resistencia, en la relación esfuerzo-deformación y drenaje, la plasticidad de los finos es nula por lo tanto la Carta de plasticidad los sitúa por debajo de la línea A con un índice plástico menor que 4.

En el grupo (GC) Y (SC) de igual manera los finos deberán exceder el 12% del peso, la diferencia es que los finos son de alta a media plasticidad por lo que la Carta de plasticidad los sitúa sobre la línea A con un índice plástico mayor que 7.

El (SUCS) en relación a los suelos finos de igual manera los clasifico con letras mayúsculas quedando de la siguiente manera.

- Limos inorgánicos (M).
- Arcillas inorgánicas (C).
- Limos y arcillas orgánicas (O).

Estos tres tipos de suelos finos se dividen de acuerdo a su Limite Liquido en dos grupos, si el LL es menor al 50% se les agrega la letra (L) representando que su compresibilidad es de baja o media y si su LL es mayor al 50% este suelo fino será de alta compresibilidad y se le agregara la letra (H).

De igual forma que los suelos gruesos los suelos finos se clasifican de acuerdo a sus características de tal manera que nos permite identificarlos de forma más sencilla y los grupos son de la siguiente forma:

El grupo (CL) y (CH) pertenecientes a las arcillas inorgánicas, el grupo (CL) esta definida por $LL < 50\%$ e $I_p > 7\%$. El grupo (CH) esta definido por $LL > 50\%$.

El grupo (ML) y (MH) están los limos inorgánicos y limos arcillosos, (ML) esta definido por $LL < 50\%$ e $I_p < 4$ y el grupo (MH) es definido por $LL > 50\%$.

El grupo (OL) y (OH) pertenecientes a los suelos orgánicos y están definidos de la misma manera que los grupos (ML) y (MH).

El grupo (Pt) es un suelo con una gran cantidad de materia orgánica, como las turbas y los pantanos, resulta ser altamente compresible el LL para estos suelos anda sobre 300% y 500% y el Índice Plástico se define por los límites $100\% < I_p < 200\%$.

La siguiente tabla muestra las características de utilización de los suelos agrupados según el SUCS.

SIMBOLO	COMO MATERIAL DE TERRAPLEN	COMO SUBRASANTE	COMO BASE	COMO PAVIMENTO PROVISIONAL	
				CON REVESTIMIENTO LIGERO	CON TRATAMIENTO ASFALTICO
G W	muy estable	excelente	muy buena	regular a mala	excelente
G P	estable	buena a excelente	regular	pobre	regular
G M	estable	buena a excelente	regular a mala	pobre	regular a pobre
G C	estable	buena	regular a buena	excelente	excelente
S W	muy estable	buena	regular a mala	regular a mala	buena
S P	razonablemente estable en estado compacto.	regular a buena	mala	mala	regular a mala
S M	razonablemente estable en estado compacto.	regular a buena	mala	mala	regular a mala
S C	razonablemente estable	regular a buena	regular a mala	excelente	excelente
M L	mala estabilidad si no esta muy compacto.	regular a mala	no usarse	mala	mala
C L	buena	regular a mala	no usarse	mala	mala

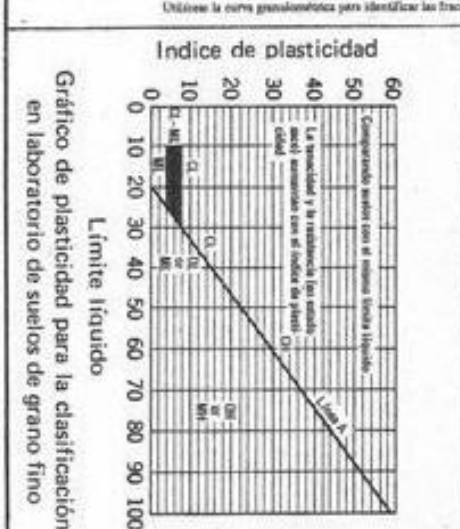
nota: los materiales que no deben usarse por inestables, tener mala compactabilidad y baja resistencia al corte: Limos (O L, M H); Arcillas (C H, H); Turba y suelos orgánicos (P T).

Identificación en el campo (desarrollando las partículas mayores de 7.5 con #2) y (usando las fracciones en pesos estándar)

Suelos de grano fino-Más de la mitad del material pasa por el tamiz No. 200 (La abertura del tamiz No. 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)	Suelos de grano grueso-Más de la mitad del material es retenido por el tamiz No. 200 ^a		
	Gravos-Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz No. 4	Armas-Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4	
Límites y aristas con límite líquido mayor de 50	Gravos limpios (con pocos finos o sin ellos)	Gravos con finos (cantidad apreciable de finos)	Armas limpias (con pocos finos o sin ellos)
		Armas con finos (cantidad apreciable de finos)	Armas con finos (cantidad apreciable de finos)
Límites y aristas con límite líquido menor de 50	Gravos limpios (con pocos finos o sin ellos)	Gravos con finos (cantidad apreciable de finos)	Armas limpias (con pocos finos o sin ellos)
		Armas con finos (cantidad apreciable de finos)	Armas con finos (cantidad apreciable de finos)

Suelos de grano fino-Más de la mitad del material pasa por el tamiz No. 200 (La abertura del tamiz No. 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)	Suelos de grano grueso-Más de la mitad del material es retenido por el tamiz No. 200 ^a		
	Gravos-Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz No. 4	Armas-Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4	
Límites y aristas con límite líquido mayor de 50	Gravos limpios (con pocos finos o sin ellos)	Gravos con finos (cantidad apreciable de finos)	Armas limpias (con pocos finos o sin ellos)
		Armas con finos (cantidad apreciable de finos)	Armas con finos (cantidad apreciable de finos)
Límites y aristas con límite líquido menor de 50	Gravos limpios (con pocos finos o sin ellos)	Gravos con finos (cantidad apreciable de finos)	Armas limpias (con pocos finos o sin ellos)
		Armas con finos (cantidad apreciable de finos)	Armas con finos (cantidad apreciable de finos)

Imagen 2.- SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)



Determinar los porcentajes de arena y limo a partir de la curva granulométrica según el porcentaje de finos (Tamaño que pasa por el tamiz No. 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue:

Menos del 5%
Más del 12.5%
5% al 12.5%

Grupos límites que requieren el empleo de símbolos dobles

$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Mayor de 4
 $C_C = \frac{D_{30}}{D_{10}}$ Entre 1 y 3

No analizar todos los requisitos granulométricos de las C_U

$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Mayor de 6
 $C_C = \frac{D_{30}}{D_{10}}$ Entre 1 y 3

No analizar todos los requisitos granulométricos de las C_U

Las zonas de Atterberg por debajo de la línea "A" con L_p entre 4 y 7, como límites que requieren el empleo de símbolos dobles

Las zonas de Atterberg por debajo de la línea "A" con L_p mayor de 7

Las zonas de Atterberg por debajo de la línea "A" con L_p entre 4 y 7, como límites que requieren el empleo de símbolos dobles

Las zonas de Atterberg por debajo de la línea "A" con L_p mayor de 7

CAPÍTULO 2.

DRENAJE.

En el presente capítulo se abarcara el concepto de drenaje de cómo el hombre fue evolucionando estos sistemas de drenaje para hacerlos mas eficientes en su funcionamiento, se tratarán elementos y conceptos importantes de la hidrología y de cómo esta ciencia es fundamental en el proceso de revisión y construcción de los elementos principales del sistema de drenaje para un camino.

2.1 Antecedentes de los sistemas de drenaje.

Existen pocos antecedentes registrados de los drenajes de cómo han evolucionado en el transcurso de los tiempo, pero se sabe que en la antigua Roma se realizaban practicas de drenar agua pluvial, utilizando la topografía del lugar y en ocasiones realizaban pequeñas zanjas para descargar el agua a los arroyos o ríos que cruzaban las ciudades, esta es una forma rustica de los drenajes pero fue el principio de cómo el hombre cronológicamente fue utilizando mas tecnologías mas avanzadas y en la actualidad existen drenajes que desfogon cantidades monumentales de agua, como en la ciudad de Saitama en Japón que construyeron un sistema de drenaje para desalojar el agua que inunda la ciudad cuando llegan los fenómenos naturales como los tifones.

2.2 Drenaje de los caminos.

De total acuerdo con Crespo (2005), uno de los principales objetivos de un drenaje en los caminos es de no permitir la llegada de agua a la carretera, pero se

sabe que es imposible hacerlo en su totalidad, por lo tanto la mínima agua que llegue es necesario desalojarla lo mas rápido que sea posible.

Para que una vía carretera pueda brindar un buen nivel de servicio es necesario que tenga un drenaje, que sea capaz de reducir a lo mínimo la circulación del agua, ya que como se sabe esta es capaz de destruir la carpeta provocando baches, por lo tanto es necesario que esta agua circule por las cunetas, por lo que es necesario estar libres de material erosionado producto de los taludes, que es muy común encontrar este tipo de problemas, para que no ocurran estancamientos de agua y puedan dañar las terracerías y por consecuencia la estabilidad propia del camino.

El drenaje en un camino es fundamental, por lo que es necesario al iniciarse un proyecto carretero dotarlo de un sistema de drenaje que cumpla con los requisitos que demande el proyecto.

Una norma de suma importancia que debe tomar en cuenta el ingeniero al construir un camino es que al pasar este por la rivera de un río y o por la orilla de un lago, tomar la decisión adecuada para ubicar el nivel de las terracerias de acuerdo al nivel de las aguas máximas del río o lago, ya que no es recomendable que el agua llegue a esas alturas por seguridad propia del camino.

2.3 Hidrología.

En lo referente a esta ciencia se puede señalar la siguiente definición “Hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.” (Mijares; 1993: 13).

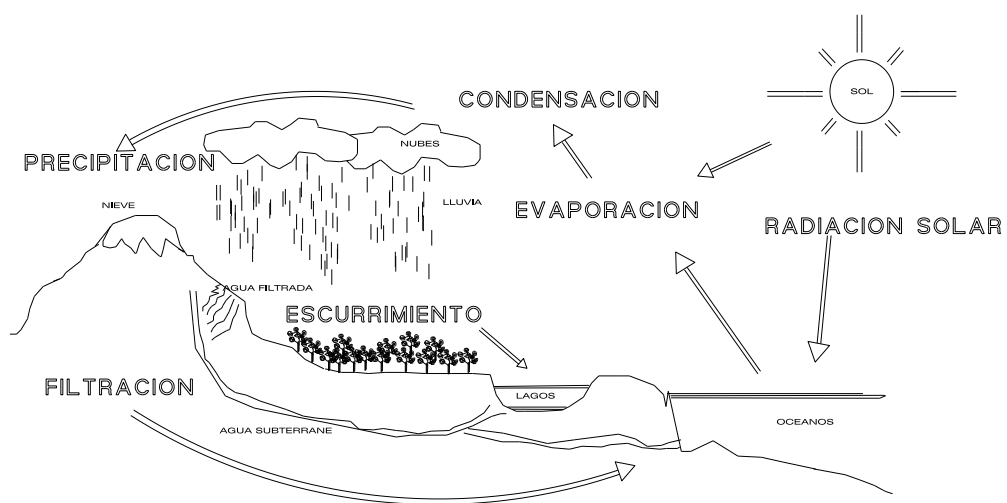
De acuerdo con Mijares (1993), la hidrología es una ciencia muy relacionada con la ingeniería, ya que se ha tenido la necesidad de tener control sobre el agua y a su vez aprovecharla, es por eso que la ingeniería se preocupa por diseñar, construir, operar y supervisar obras de carácter hidráulico, como presas, puentes, drenajes para ciudades, carreteras, colectores de aguas residuales, abastecimiento de agua potable y un gran número más de obras hidráulicas.

Es de gran importancia la hidrología, cuando se tiene necesidad de pronosticar avenidas y sequías, para aprovechar el agua o para diseño de obras para el control de avenidas.

2.3.1 Ciclo hidrológico.

El agua que existe en la Tierra en forma de ríos, lagos, océanos está siempre en constante movimiento. El agua puede cambiar su estado físico entre líquido, sólido y gaseoso en varias etapas del ciclo, estos cambios físicos pueden darse en un segundo o tardar años. El sol como uno de los principales factores en el ciclo del agua contribuye calentando el agua de los océanos y estos comienzan a evaporarse, el hielo y la nieve de estar en estado sólido pueden pasar a estado sólido a estado gaseoso o vapor, a este cambio de estado físico del agua se le denomina sublimación. Las corrientes de aire toman el vapor de la atmósfera y lo trasladan lugares más altos donde las temperaturas más frías hacen que se condense y se forman las nubes, Las corrientes de aire trasladan las nubes alrededor del planeta hasta llegar a un punto donde llegan a chocar y las partículas de las nubes se precipitan del cielo en forma de lluvia, estas partículas también pueden caer en forma de nieve que se deposita en las montañas y en

cierta época del año esta se derrite formando arroyos que bajan por las montañas aumentando el caudal a los ríos los cuáles pueden desembocar en lagos y mares, en el transcurso, parte de esta agua se vuelve a evaporar y también parte de esta agua se filtra formando las aguas subterráneas que también alimenta ríos y lagos la mayor parte del agua regresa a los océanos donde reinicia el ciclo hidrológico. A continuación se muestra un esquema donde se aprecia con más nitidez el ciclo del agua.



2.3.2 Precipitación.

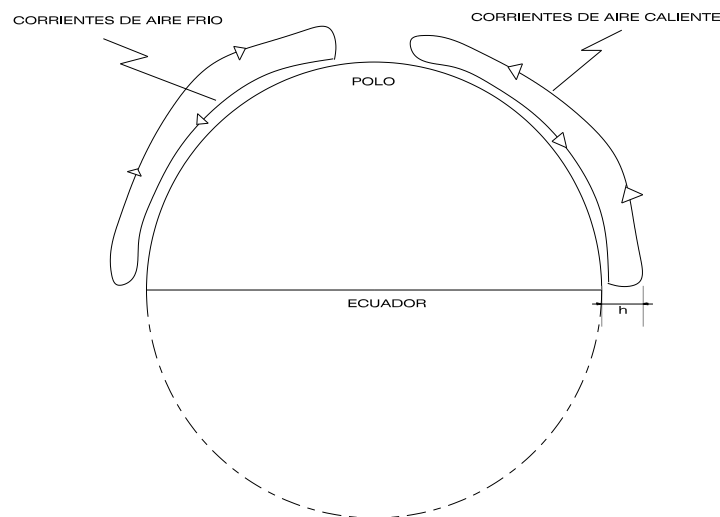
En referencia a este fenómeno meteorológico se puede señalar “agregado de partículas acuosas, líquidas o sólidas, cristalizadas o amorfas, que caen de una nube y alcanzan el suelo.” (Monsalve; 1999: 21).

En acuerdo con Monsalve (1999), Existen factores climáticos que influyen en la precipitación.

- Como el aire natural es el que está formado por aire seco, vapor de agua el cual es producto en su mayor parte de los océanos, ríos y lagos, y partículas sólidas en suspensión conocidas también como aerosoles.

- El aire seco que esta constituido por Nitrógeno y oxigeno.
- Aire húmedo formado por aire seco y vapor de agua.

Los vientos que circula alrededor del planeta son fundamentalmente responsables de las precipitaciones, el sol al calentar más el ecuador, a diferencia de las zonas de latitud, el aire ecuatorial tiende a ser mas ligero, por lo que al subir es remplazado por aire de temperatura mas baja el cual es proveniente de otras latitudes por medio de aire caliente del ecuador hacia los polos como se muestra en la siguiente figura:



La humedad atmosférica o vapor de agua es responsable de las precipitaciones y el contenido de humedad en el aire es elemental en las evaporaciones.

Se pueden clasificar tres tipos de precipitación:

- Precipitaciones conectivas. Es provocada cuando una masa de aire esta a muy poca distancia de la superficie terrestre, debido a eso se incrementa su temperatura por lo tanto inicia a recuperar altura y de inmediato comienza a ser remplazada por otra corriente de menor temperatura este tipo de fenómenos es común verlos en zonas tropicales, debido a eso se generan

lluvias de gran intensidad pero en periodos de tiempos muy cortos, y su concentración es en áreas muy pequeñas.

- Precipitaciones orográficas. Estas lluvias son el resultado del choque de las corrientes de aire húmedo que asciende y que después realizan un movimiento horizontal con las montañas.
- Precipitación por convergencia. Esta precipitación se genera cuando dos masa de aire de similar temperatura pero con sentidos opuestos chocan, debido a esto comienzan a ganar altura un ejemplo de este tipo de precipitación son la de los ciclones.

2.3.3 Precipitación media.

En conformidad con Monsalves (1999), es de gran importancia estimar la cantidad de lluvia que cae en una cuenca hidrológica en un determinado intervalo de tiempo, por lo que existen algunos métodos para determinar la precipitación media, que a continuación se presentan.

- Método aritmético. Este método realiza un promedio de las medidas de los aparatos pluviométricos, los cuales deben estar distribuidos uniformemente en la cuenca.

$$\bar{P} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n P_i$$

n = Cantidad de aparatos de medición pluvial.

P_i = lectura registrada en los aparatos pluviométricos.

- Método de polígonos de Thiessen. Se pueden utilizar aparatos de medición pluvial sin importar que muestren uniformidad entre ellos, pero de

preferencia si la superficie es mas o menos plana arrojará resultados mas correctos, este método consiste en atribuir un factor de peso a la precipitación en todos los aparatos, en proporción al área de influencia de cada uno de ellos, se determinan las áreas de influencia en los mapas de la cuenca donde se localicen las estaciones las cuales se unen con líneas rectas y se trazan las mediatrices de las rectas, las cuales darán forma a los polígonos.

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times P_i)}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

n = números de aparatos pluviométricos.

P_i = Precipitación registrada en los aparatos.

A_i = Área de influencia que corresponde al aparato pluviométrico, esta área es la resultante de los polígonos de thiesen.

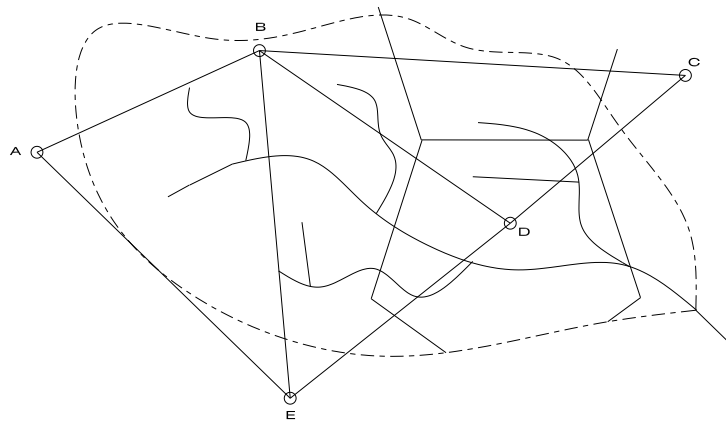


Figura: Método polígono de Thiesen.

- Método de las isoyetas. Este es el método más confiable, en este método se utilizan curvas de precipitación, semejantes a las curvas de nivel, donde la diferencia de alturas la determina el agua precipitada.

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{P_i + P_{i+1}}{2} \right) A_{i,i+1}}{\sum_{i=1}^{n-1} A_{i,i+1}}$$

n = Numero de curvas de igual precipitación.

P_i = Precipitación de la curva de igual precipitación i.

P_{i+1} = Precipitación de la curva de igual precipitación i+1.

A_{i,i+1} = área de las curvas de igual precipitación i e i+1.

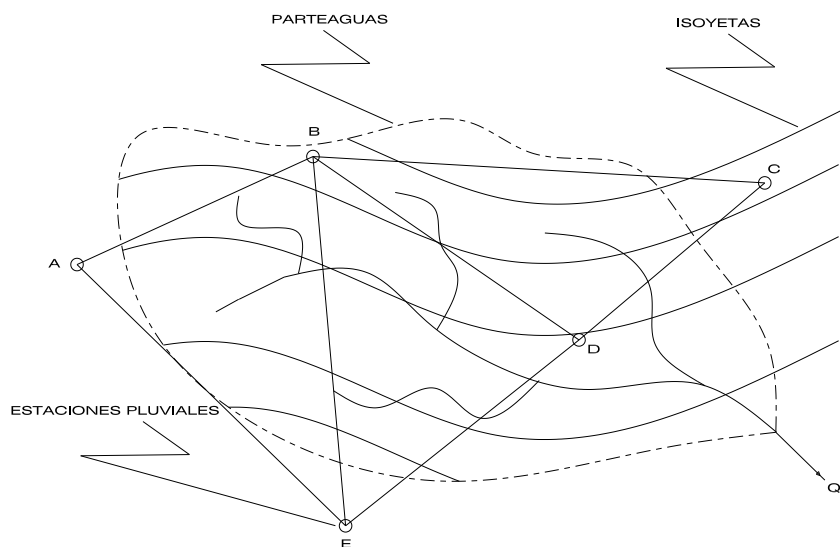


Figura: Método de las isoyetas.

2.3.4 Escurrimiento.

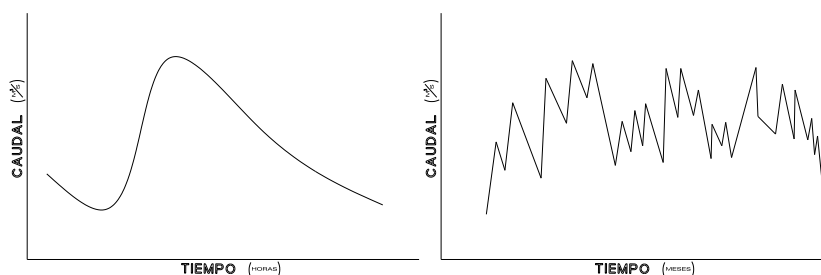
En acuerdo con Mijares (1993), el escurrimiento puede considerarse como el agua pluvial que viaja sobre o por debajo de la corteza terrestre formando una corriente la cual es drenada hasta lo que es la salida de la cuenca, cuando el

agua de lluvia alcanza la superficie terrestre tiende a infiltrarse y a saturar las capas superiores, una vez saturadas el agua comienza a escurrir por las depresiones del terreno hasta unirse a otros escurrimientos y cuando llega a un cause se puede definir como escurrimiento en corrientes.

Estos pequeños escurrimiento definidos como flujo sobre el terreno, ya que alcanzó el escurrimiento en corrientes, se puede denominar como escurrimiento superficial, el agua que se alcanza a infiltrar una vez que satura el suelo también tiende a escurrir pero esta lo hace en distancias muy pequeñas con relación a la superficie terrestres y además tiende a escurrir paralelamente al suelo y a este escurrimiento se le denomina como subsuperficial, pero existe otra parte de agua que se infiltra y esta puede alcanzar niveles mas abajo del nivel freático, a este escurrimiento se le llama subterráneo, el escurrimiento superficial es uno de los escurrimientos mas rápidos, esta velocidad esta en función de la rapidez que alcanzan el agua hasta llegar a la salida de la cuenca y claro las lluvias fuertes son un factor que influyen en la velocidad de estos escurrimientos por la gran cantidad de agua que aportan, a diferencia del escurrimiento subterráneo que es muy lento y este es tan lento que puede durar años en encontrar la salida de la cuenca, y como el escurrimiento subterráneo se encuentra por debajo del nivel freático, y no esta en función de la cantidad de agua que pueda precipitarse en una tormenta por lo cual aun cuando no es temporada de lluvias este escurrimiento existe y puede denominarse como escurrimiento base, el escurrimiento subsuperficial esta en función del o los estratos por donde escurre por lo que puede ser muy rápido que podría compararse con el superficial o muy lento como el subterráneo y esta complejidad es lo que hace que sea muy difícil de distinguirlo.

2.3.5 Hidrograma.

De acuerdo con Monsalve (1999), un hidrograma es la representación grafica de las variaciones de un caudal en relación al tiempo.



Figuras: hidrogramas.

2.3.6 Infiltración.

En relación a este tema de la infiltración se señala que es la “Formación de un paso de agua en forma de conducto a través de materiales naturales o artificiales, cuando los resultados de todas las fuerzas que actúan sobre las partículas del suelo tienen una componente vertical en el sentido de la gravedad.” (Monsalve; 1999: 21).

De acuerdo con Monsalve (1999), al volumen de agua que se infiltra y antes de alcanzar el nivel de aguas freáticas se le denomina humedad del suelo, esta humedad puede ser removida por las raíces de los árboles o por evaporación, el suelo puede distinguirse en dos zonas dependiendo de la cantidad de agua existente, las cuales son:

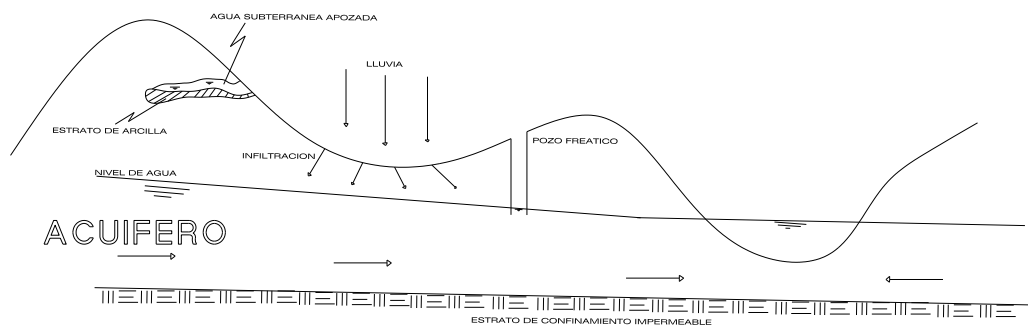
1. Zona saturada. Cuando los vacíos existentes entre los granos que forman un suelo están completamente llenos de agua.
2. Zona no saturada. Cuando los vacíos existentes entre los granos que forman un suelo existe agua y aire.

Cuando el suelo ha alcanzado su capacidad de campo, el suelo comienza a drenar debido a la fuerza gravitacional llegando hasta la zona saturada que inicia a partir del nivel freático.

2.3.7 Agua Subterránea.

En lo señalado por Monsalve (1999), el agua filtrada que logra cruzar la frontera del nivel freático se le considera agua subterránea, como se puede recordar esta zona es la saturada, en cualquier punto de esta línea la presión hidrostática es cero, debido a que por encima está la zona capilar con presiones negativas, y por abajo, presiones positivas de parte de la zona de saturada.

Se le llama acuífero a una formación geológica que contiene agua.



2.4 Avenida de diseño.

Por lo citado Monsalve (1999), una creciente en un caudal es un fenómeno de ocurrencia que puede alcanzar el modo de inundación, existen obras para control de avenidas, como en el caso de este estudio se realizaran en capítulos mas adelante cálculos de crecientes para el proyecto del sistema de drenaje, aplicando una creciente de proyecto con datos históricos en condiciones críticas para conocer un caudal con un periodo de retorno donde el caudal de una creciente pico es igualado o superado por lo menos una vez.

2.5 Métodos empíricos para el cálculo de avenidas.

Solo en el caso de que no sea posible realizar los cálculos de crecientes con otras formulas, se recomienda usar las formulas empíricas que a continuación se muestran:

- Formula de Burkli – Ziegler.

$$Q = 0.022 M R C \sqrt[4]{\frac{S}{M}}$$

En donde:

Q = Pico de la creciente (m³ / s).

M = Área de drenaje (hectáreas).

R = Intensidad media durante la lluvia critica (cm/hr).

S = Pendiente media de la cuenca (en m por cada 1000 m).

C = Variable pendiente de la naturaleza de la superficie drenada.

Valores de C:

Calles pavimentadas y barrios bastante edificados.	0.75
Calles común de ciudades.	0.625
Poblados con plazas y calles en grava	0.30
Campos deportivos.	0.25

- Formula de Kresnik.

$$Q = a \frac{32}{(0.5 + \sqrt{A})} A$$

Donde:

Q = caudal pico de la creciente (M³/s).

A = área del drenaje (km²).

a = Coeficiente variable entre 0.03 y 1.61

➤ Formula de Creager.

$$Q = 46 C A^{0.894} A^{-0.048}$$

Donde:

Q = caudal pico de la creciente (ft³/s).

A = área del drenaje (millas²).

C = Coeficiente; C = 100 pocas crecientes han alcanzado este valor.

2.6 Cuenca hidrológica.

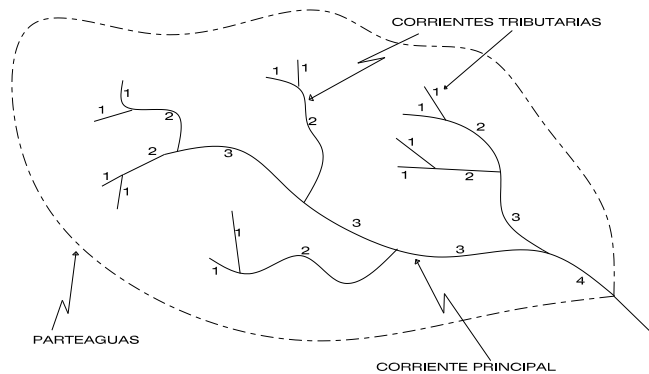
En lo citado por Mijares (1993), el concepto de cuenca hidrológica se puede entender de forma más sencilla como una extensión o área terrestre superficial por donde el agua que cae sobre ella tiende a salir por un mismo punto determinado.

Y dependiendo de la forma de la salida del agua de una cuenca se puede determinar el tipo de cuenca si es endorreica el punto de salida del agua estará dentro de los límites de la cuenca y es muy común ver que descargue en un lago a diferencia de las exorreicas que generalmente descarga en los límites de la cuenca como puede ser en un río o en el mar.

2.7 Características principales de una cuenca.

En total acuerdo con Mijares (1993), el parámetro del área terrestre de la cuenca hidrológica está determinado por una línea imaginaria la cual se denomina

parte-aguas la cual esta proyectada uniendo los puntos de mayor elevación topográfica y delimita la superficie de cuencas existentes en la zona.



Corriente de orden 4.

Como se puede observar en la figura anterior, el orden de corriente esta determinado por el número de ramificaciones o corrientes de la cuenca, se considera como corriente de orden 1 a un tributario sin ramificaciones, a una de orden de corriente 2 si una corriente tiene dos tributarias y así de esta forma se van numerando las ramificaciones existentes en la corriente principal y se determina el numero de corriente de la cuenca hidrológica.

2.8 Elementos de cálculo para una cuenca hidrológica.

En coincidencia con Mijares (1993), los indicadores principales en la eficiencia de una cuenca esta determinado por D_s que es el numero de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área y D_d que es la densidad de drenaje las cual es constituida por la longitud de las corrientes por unidad de área.

$$D_s = \frac{N_s}{A}$$

$$D_d = \frac{L_s}{A}$$

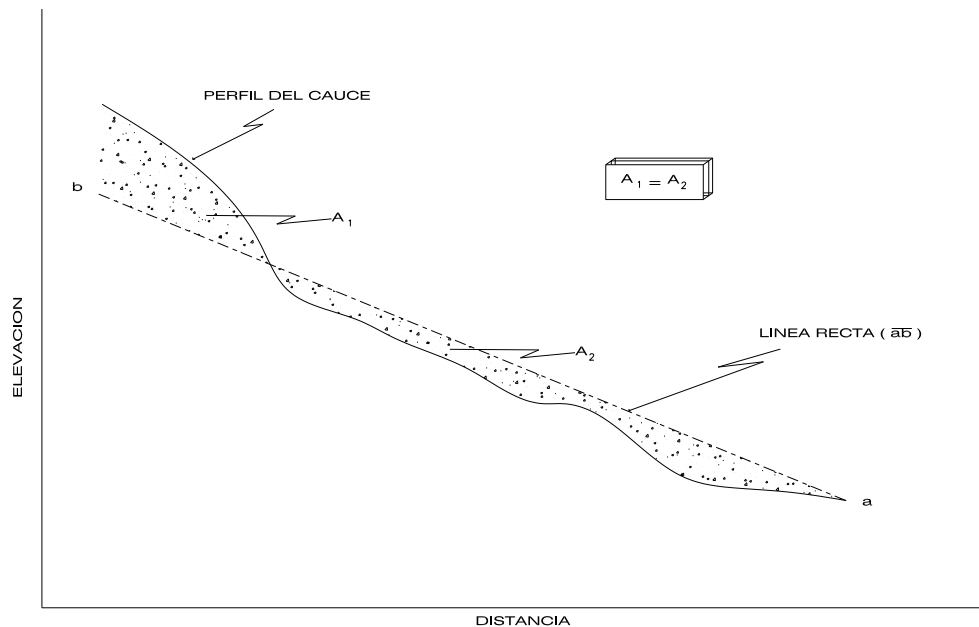
Donde:

Ns = Numero de corrientes perennes y intermitentes.

Ls = Longitud total de las corrientes.

A = Área de la cuenca.

Otro de los indicadores de la capacidad de funcionamiento de la cuenca hidrológica esta determinado por la pendiente media, y como las elevaciones varían en todo el cause, es necesario fijar una pendiente media, que va a ser determinada por las desniveles de los extremos dividido entre la longitud.



En referencia se señala que “La pendiente media es una línea recta que, apoyándose en el extremo de aguas debajo de la corriente, hace que se tengan áreas iguales entre el perfil del cause y arriba y debajo de dicha línea.” (Mijares; 1993: 23).

2.9 Drenaje superficial.

De acuerdo con Crespo (2005), el drenaje superficial es fundamental para drenar el agua en un camino por lo que es necesario que realice este trabajo de la

forma mas rápida posible para evitar inundaciones en la zona, por lo que es necesario que se reduzca al mínimo la circulación de agua sobre la superficie del camino y de forma inmediata buscar la manera de darle salida con la ayuda de elementos que componen al drenaje superficial como lo es el bombeo, cunetas, contra-cunetas, lavaderos, alcantarillas, vados, puentes, que a continuación se mostraran de manera mas detallada.

2.10 Cunetas.

En relación con Crespo (2005), uno de los elementos primarios de un drenaje superficial son las cunetas este elemento es el encargado de desalojar el agua del camino ya que es una zanja que se realiza al lado de la vía de forma paralela y recibe el agua que escurre por el pavimento del camino, además también recibe el agua que escurre por los taludes de corte, para proyectar una cuneta es necesario considerar un 80% del agua pluvial que cae en la mitad del ancho total de derecho de vía y de acuerdo a la cantidad de agua que va a escurrir se determinan las características propias de la misma como la dimensión y la forma que generalmente son de sección triangular o trapezoidal y su diseño esta basado en los principios de flujo de canales abiertos, para flujos uniformes se utilizara la formula de Manning:

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

V = Velocidad promedio en metros por segundo.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

R = Radio hidráulico en metros.

Para canales en régimen uniforme la formula de Manning parte de la formula de Chezy:

$$V = C \sqrt{RS}$$

En la cual se ha sustituido el valor de C por:

$$C = 1/n * R^{1/6}$$

El cual fue propuesta de Manning.

Los valores del coeficiente de rugosidad para la formula de Manning son los siguientes:

TIPO DE MATERIAL	VALOR DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (n).
TIERRA COMUN, NIVELADA Y ALISADA.	0.02
ROCA LISA Y UNIFORME.	0.03
ROCA CON SALIENTES Y SINUOSOS.	0.04
LECHOS PEDREGOSOS Y BORDOS ENHIERBADOS.	0.03
PLANTILLA DE TIERRA, TALUDES ASPEROS.	0.03

Y como:

$$Q = A * V$$

Si insertamos el valor V de Manning, se obtiene que:

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

Donde:

Q = Descarga en metros cúbicos por segundo.

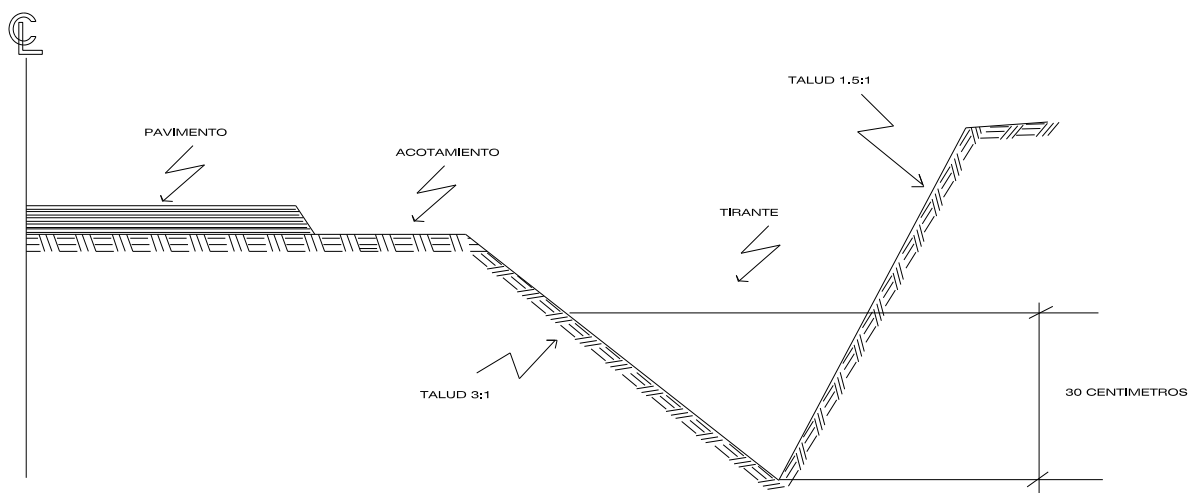
A = Área de la sección transversal del agua en metros cuadrados.

Al diseñar cunetas de sección trapecial o triangular se puede facilitar su construcción y su conservación, por lo que esto hace las cunetas más eficientes, de acuerdo a las condiciones del clima, geológicas y topográficas del lugar donde se diseñaran las cunetas, se determinarán sus dimensiones, una de las recomendaciones que se emiten, es hacer las cunetas de dimensiones pequeñas y poco profundas, esto para la seguridad del usuario y para su impacto económico al momento de la construcción, de igual manera, el reducir sus dimensiones hace mas practica su conservación, el problema de diseñar cunetas de sección rectangular esta en que es muy poco probable mantener sus taludes en la vertical, ya que estos tienden a derrumbarse y a asolvar la cuneta lo que las hace menos funcionales, es por esto que se recomienda realizar los taludes lo mas inclinado que sea posible, el desnivel mínimo que se le da a la cuneta es de 30 centímetros a partir de la subrasante y la máxima recomendada es de 90 centímetros, el no hacerlas tan profundas reduce el riesgo al peligro.

La ventaja de una cuneta en tipo triangular, es debido a sus taludes suaves tiene la característica de prácticamente ser parte de la calzada, lo que hace que sea mas practica al momento que se quiera ampliar el pavimento, pero la desventaja de las cunetas en forma de triangulo es que debido a sus taludes tan

suaves es necesario ampliarlos y en tramos de cortes por donde cruce el camino, resulta muy costoso realizar el ancho necesario.

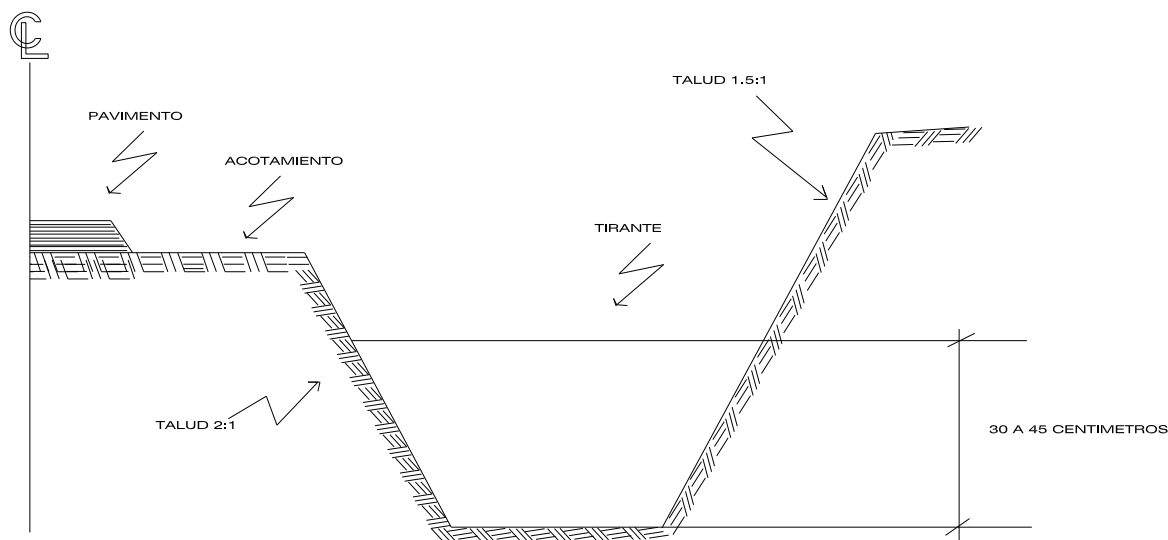
A continuación se presenta una cuneta tipo la cual tiene la siguientes características, talud interior 3:1 este talud es el que se realiza al lado del camino, y el talud que se realiza al lado exterior es de 1.5:1, el tirante de agua que debe alcanzar es de 30 centímetros.



CUNETAS TIPO TRIANGULAR.

Las cunetas de sección trapezoidal debido a su geometría tienen mayor capacidad de transportar agua, pero una de las desventajas es que tienden a erosionarse más pronto que las de tipo triangular.

A continuación se presenta una cuneta tipo la cual tiene las siguientes características, talud interior 2:1 este talud es el que se realiza al lado del camino, y el talud que se realiza al lado exterior es de 1.5:1, el tirante de agua que debe alcanzar es de 30 a 45 centímetros.



CUNETA TIPO TRAPECIAL.

Para que los materiales con los que esta constituido la cuneta no comiencen a deslavarse, es decir que la cuneta se conserve, es necesario que el escurrimiento del agua no rebase ciertas velocidades como se muestran en la siguiente tabla:

MATERIAL.	VELOCIDAD (m/seg.)
ARENA FINA	0.45
ARENA MEDIA	0.60
ARENA GRUESA	0.90
GRAVA FINA	1.50
GRAVA MEDIA	2.00
GRAVA GRUESA	3.50
ARCILLA ARENOSA	0.50
ARCILLA FIRME	1.25
ARCILLA COMÚN	0.85
TEPETATE	2.00

ZAMPEADO	4.00
CONCRETO	7.00

Como se puede observar si la velocidad del agua escurre a velocidades mayores podemos determinar con la ayuda de esta tabla que tipo de material es el conveniente utilizar.

Una especie de guía que se puede utilizar al momento diseñar una cuneta es la siguiente, cuando el tirante de agua es menor de 15 centímetros y existen pendientes menores del 7% no es necesario zampear, pero cuando el tirante de agua es mayor de 15 centímetros y la pendiente es mayor del 3% es recomendable zampear.

Es recomendable realizar una alcantarilla o un desfogue de alivio, a longitudes no mayores de 60 metros, para protección en pendientes muy pronunciadas debido a que entre mas prolongada sea la cuneta, mas agua llevará y arrastrará mas materiales, lo cual es antieconómico en su conservación.

Una forma de evitar que el exceso de agua llegue hasta la cuneta es construir otro elemento importante en el sistema de drenaje, como lo son las contracunetas que igual que las cunetas son una zanja que se realiza en un lugar especifico, la función principal de estas es evitar que el agua que viene de zonas mas alejadas del camino, pero que viene en su dirección las pueda recoger y de esa forma encauzarlas, las contracunetas se colocan de forma transversal a la pendiente del terreno y son muy efectivas para evitar que el agua llegue a los taludes de corte o terraplenes.

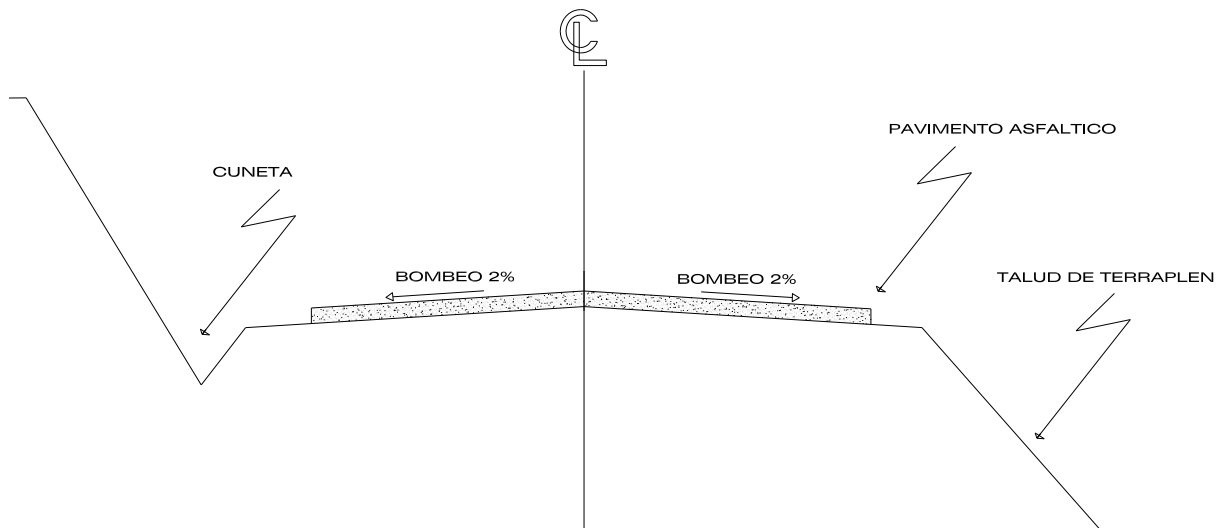
Para proyectar las cotracunetas es necesario observar las pendientes del terreno, si la pendiente de terreno es paralela a la del camino es innecesario

realizar contracunetas ya que el agua correrá paralelamente al camino, las contracunetas son muy útiles en terrenos montañosos o lomeríos donde el agua tiende a escurrir perpendicular a la pendiente del terreno, pero de igual forma es necesario realizar la observación del terreno para si es necesario evitar realizar ya que pueden resultar contraproducentes.

Las contracunetas se pueden realizar de sección trapecial para sacar la máxima carga hidráulica posible, se utiliza una plantilla de 50 centímetros y taludes de 1:1, pero de igual forma su sección transversal estará sujeta las características demandadas por la necesidades hidráulicas y topográficas del terreno, la recomendación de la longitud de la cual estarán las contracunetas con relación a los taludes de corte es de aproximadamente 5 metros y la longitud será la necesaria hasta desalojar el agua del camino.

2.11 Bombeo.

En total acuerdo con Crespo (2005), en una sección transversal de un camino se realiza una pendiente del centro de línea del camino hacia los lados, con el fin de drenar el agua que llegue a caer en él, en México se acostumbra realizar el bombeo del 2% para caminos con carpeta asfáltica y para caminos de concreto hidráulico se utiliza el bombeo al 1.5%.



2.12 Lavaderos o vertedores.

Según Crespo (2005), los lavaderos o vertedores son una cubierta mampostería de concreto o de piedra pegada con mortero o simplemente acomodada, el cual tiene la tarea de encauzar y desfogar el volumen de agua de los taludes o terraplenes a lugares lo mas retirados posible del camino para evitar afectaciones, es muy común que se anclen con dentellones cuando se proyectan en terrenos muy inclinados, para evitar deslizamientos.

2.13 Drenaje subterráneo.

En relación Crespo (2005), el drenaje subterráneo es proporcionar redes de tubería para controlar el escurrimiento de aguas, el drenaje subterráneo juega un papel importante en la seguridad y estabilidad del camino por lo que es necesario brindarle la importancia merecida, la ventaja de realizar un drenaje subterráneo bien proyectado y construido se vera reflejado en los costos de conservación del camino que se van a ver reducido, la función principal del drenaje subterráneo es mantener el caminos si es posible seco, si no cuando menos con una humedad

que no sea perjudicial a él, de tal forma que se eviten deformaciones aun cuando el camino se encuentre en suelos inestables a causa de esa humedad.

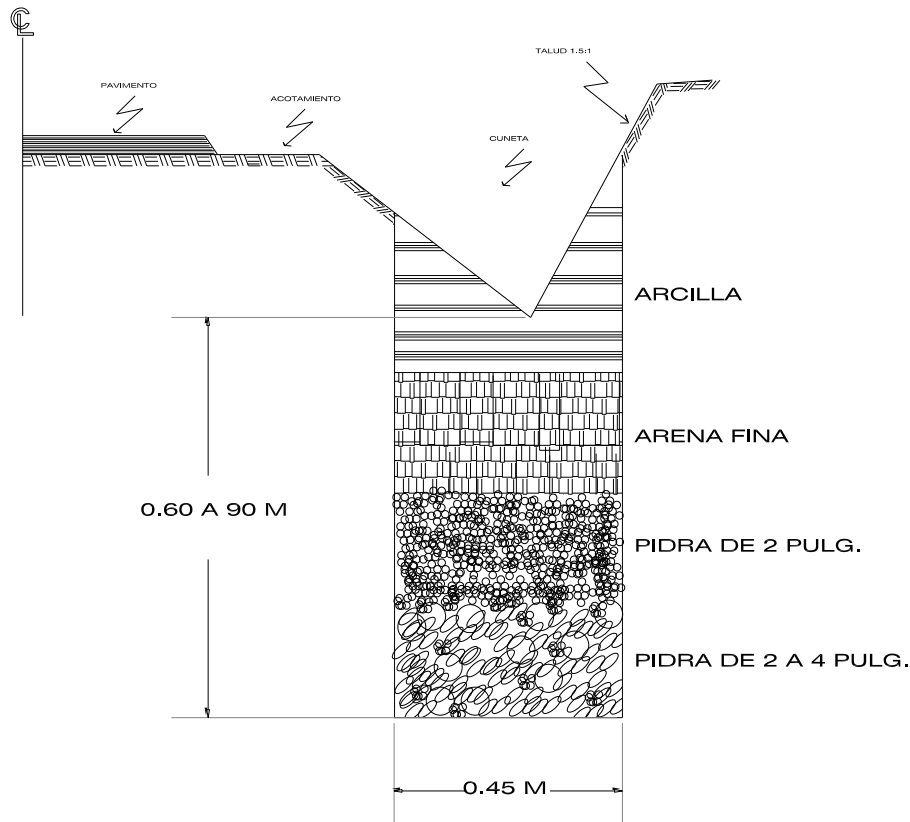
2.14 Zanjas.

Este elemento del drenaje subterráneo, consiste en excavar una zanja a unos metros paralelamente al camino, es utilizado en terrenos que se encuentran en zonas bajas, la sección de excavación que se realiza es de aproximadamente 0.60 metros de base y de profundidades que varían los 0.90 a 1.20 metros, igual que todo elemento de drenaje es necesario realizar tareas de conservación, la desventaja que pueden tener es que pueden ser peligroso para los vehículos que suelen salir del acotamiento del camino y su aspecto no es muy estético por lo que en ocasiones se alejan del camino pero esto las hace menos funcionales.

2.15 Drenes ciegos.

Este elemento del drenaje subterráneo puede ser muy efectivo si se realiza de la forma correcta, consisten en realizar una excavación por debajo de la cuneta, esta zanja de aproximadamente 0.45 metros de base y una profundidad de 0.60 A 0.90 metros la cual es rellena con materiales graduados que se inicia el relleno con piedras de rondan entre 2 a 4 pulgadas y de esa forma se va graduando el material, si se logran construir de forma adecuada suelen ser muy efectivos, la desventaja es que si no se gradúan bien los materiales pueden que entren tierra al fondo de la zanja por lo que quedaría completamente azolvado quedar azolvados, en las siguiente imagen se muestra la forma en que quedaría un dren ciego para que funcione correctamente.

DREN CIEGO



2.16 Drenes de tubo.

A diferencia de los drenes subterráneos anteriores este es mas efectivo en este se incluye un tubo que puede ser de barro, concreto o en la actualidad sustituirse por tubo de polietileno corrugado de alta densidad dependiendo del material así puede ser su durabilidad y efectividad e independientemente del material a utilizar es necesario que la tubería cumpla con ciertos requisitos de resistencia a factores que impactaran nominalmente las cuales se nombraran a continuación:

1) Aplastamiento. Es de gran importancia realizar una revisión del estado físico de la tubería que se va a instalar, que las condiciones de la tubería este en perfecto estado ya que si existe alguna grieta o perforación será un blanco fácil para sufrir una falla.

2) Flexión. Cuando se realiza una instalación de tubería es muy común encontrarse con un suelo inestable por lo cual se debe de instala una plantilla para la colocación propia del tubo, pero aun en ocasiones se puede tener deformaciones de la plantilla propias de la inestabilidad del suelo por lo cual es necesario que la tubería tenga en la espiga como en la campana juntas apropiadas para sufrir de estos desplazamientos y pueda integrarse a esos pequeños asentamientos diferenciales de la plantilla.

3) Presión hidráulica. En temporadas de lluvias es muy común que las tuberías trabajen al máximo debido a eso están expuestas a trabajar a presión, por eso es de gran importancia que las juntas estén completamente selladas para evitar socavaciones propias que pueda realizar el agua cuando trabaja a esas presiones y velocidades.

4) Capacidad de infiltración. Existen tuberías que permite la infiltración como las de concreto que vienen perforados y tuberías que no tienen esa característica como las de polietileno, de eso dependerá el permitir o excluir la entrada de material o flujo de agua al sistema de drenaje.

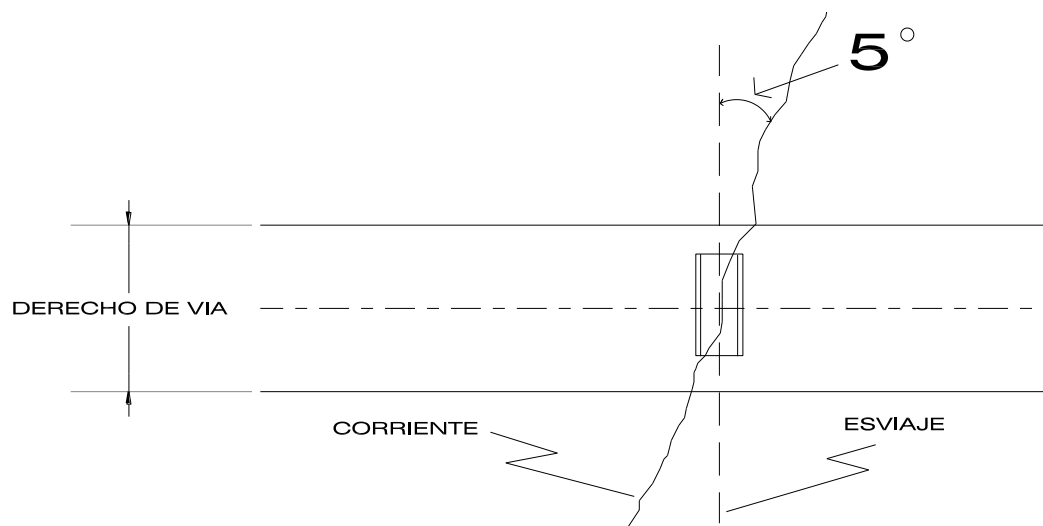
5) durabilidad. Existen tres factores importantes a los que es necesario que la tubería demuestre su resistencia las cuales son la desintegración, erosión, y corrosión y de esto dependerá su vida útil del sistema de drenaje.

2.17 Alcantarillas.

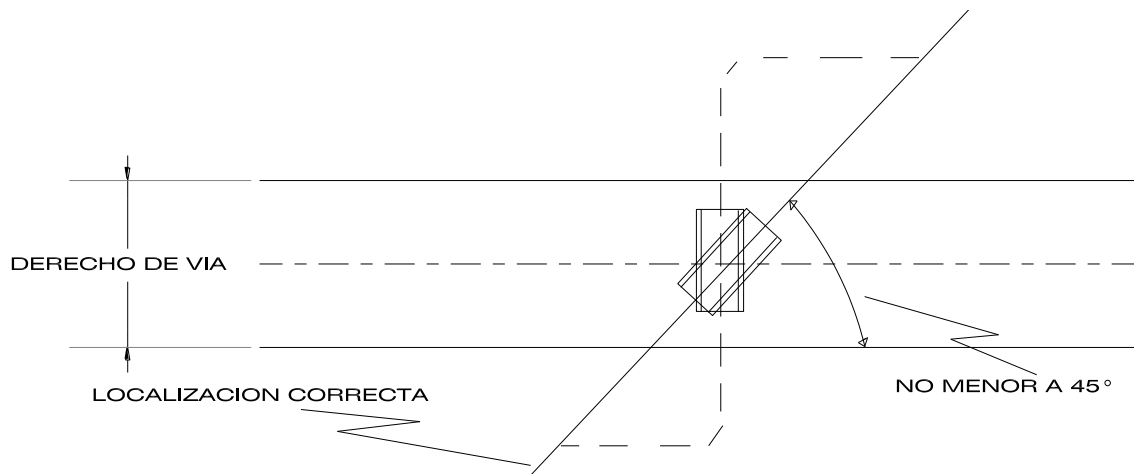
En lo señalado por Crespo (2005), Las alcantarillas forman parte de lo que son las obras de cruce, o drenaje transversal en las cuales también se encuentran clasificados los puentes, las alcantarillas a diferencia de los puentes, llevan por encima un relleno de tierra y los puentes no, existen dos elementos principales de

una alcantarilla, el cañón que es el que forma el canal de la alcantarilla y es el elemento fundamental de la estructura y los muros de cabeza que son los que impiden que el material invada la alcantarilla o erosión del cañón, las alcantarillas se pueden clasificar de acuerdo de la forma del cañón pueden ser de tubo, cajón o bóveda.

Al momento de localizar una alcantarilla es necesario proyectarla si forzar los cruces para que trabajen normales, ya que si se desvían y se forzan los cruces, el mantenimiento se va a ver reflejada en los costos de conservación del camino ocasionados por la erosión, de igual forma se deben de realizar todas las alcantarillas necesarias para lograr el funcionamiento adecuado del sistema de drenaje, vale recordar que si el esviaje de una corriente es igual o menor de 5 grados se puede realizar el cruce de forma perpendicular como se muestra en el siguiente esquema:



Cuando la corriente a cruzar tiene ángulos mayores a 5 grados en relación al eje del camino es recomendable alinear la alcantarilla aunque los costos en construcción y conservación van a tener un incremento a causa de las avenidas fuertes.



Para determinar la separación de las alcantarillas se deben de tomar en cuenta las pendientes del camino, la geología del lugar, ancho de la sección transversal, pero una de las recomendaciones para determinar la separación de una rejilla con otra es de aproximadamente 100 metros.

2.17.1 Área hidráulica de las alcantarillas.

De acuerdo con Crespo (2005), el cálculo del área hidráulica de las alcantarillas determina la máxima cantidad de agua que puede permitir pasar sin causar daños al camino o a la alcantarilla, para proyectar hidráulicamente a una alcantarilla existen cinco procedimientos que a continuación se expondrán:

1) Procedimiento por comparación. Este procedimiento es utilizable cuando se pretende construir una nueva alcantarilla donde ya existe otra o en otra zona pero en el mismo riachuelo, donde existen marcas claras del nivel de agua que puede alcanzar o se cuestiona a las personas que viven en el lugar para tener un veredicto más factible, los datos confiables o antecedentes de la alcantarilla existente en relación al tiempo no deben ser menores a 10 años.

2) Procedimiento empírico. Este es utilizado cuando no se tiene ningún dato de las avenidas máximas o niveles máximos que puede alcanzar el arroyo,

por lo cual es necesario emplear unas formulas empíricas para calcular el área hidráulica en función del área drenada y de la cuenca a drenar, existen tres formulas para calcular el área hidráulica de una alcantarilla que son la de Talbot, Peck y Meyers, en esta ocasión se revisara la formula de Talbot ya que en base a experiencias se a demostrado que es la que resulta mas factible.

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

Donde:

a = Área hidráulica (metros cuadrados de la alcantarilla).

A = Superficie en hectáreas que pretende drenar.

C = Coeficiente y su valor se presenta en la siguiente tabla:

Terrenos montañosos y escarpados.	1.00
Terrenos con mucho lomerío.	0.80
Terrenos con lomerío.	0.60
Terrenos muy ondulados.	0.50
Terrenos poco ondulados.	0.40
Terrenos casi planos.	0.30
Terrenos planos.	0.20

3) Procedimiento de la precipitación pluvial. Este procedimiento se determina con el dato de la precipitación pluvial, el área que se pretende drenar así como la topografía y geología del lugar donde se construirá, pero como la precipitación pluvial es un dato que puede decirse imposible por que se determina en base a un numero muy grande de años, por lo cual se utilizara la formula de Burkli-Ziegler para realizar el calculo de un gasto máximo para una alcantarilla, simulando una lluvia fuerte en una determinada área tributaria.

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

Donde:

Q = gasto de la alcantarilla en m³/seg.

A = numero de hectáreas tributarias.

I = precipitación pluvial en centímetros por hora.

C = coeficiente, va depender del tipo de suelo de la cuenca o el área tributaria de la alcantarilla y sus valores se representan en la siguiente tabla:

Calles pavimentadas y distritos comerciales.	0.75
Poblaciones con parques y calles con pavimentos asfálticos.	0.30
Terrenos de cultivos.	0.25

5) Procedimiento racional. Se utiliza una formula donde el gasto es igual al porcentaje de la precipitación pluvial que es multiplicada por el área tributaria.

$$Q = 27.52 C I A$$

Donde:

Q = Gasto (litros por segundo).

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de la precipitación (centímetros por hora).

A = Área que se pretende drenar (hectáreas).

Los valores de C se presentan en la siguiente tabla:

Pavimentos asfálticos.	0.75 a 0.95
Pavimentos de concreto hidráulico.	0.70 a 0.90

Suelos impermeables.	0.40 a 0.65
Suelos ligeramente permeables.	0.15 a 0.40
Suelos moderadamente permeables.	0.05 a 0.20

Este método no considera las variaciones que pueda tener la intensidad de la lluvia ni los efectos de almacenamiento en la cuenca, por lo que al incrementarse el área de la cuenca tiene a incrementar los errores por lo que es mas confiable en cuencas de aproximadamente 404.69 hectáreas que se pueden considerar como pequeñas.

Cuando se utiliza el método de comparación o el empírico se puede continuar con los cálculos de la alcantarilla por que estos dos métodos arrojan directamente el área hidráulica de la alcantarilla, y con los métodos de precipitación pluvial o el racional se obtiene solo el gasto que va a llegar a la alcantarilla, posteriormente se tendría que calcular el área hidráulica de la alcantarilla, como regla general se recomienda que las obras de drenaje que se van a proyectar no se trabaje como conducto lleno, por cuestiones de protección a la estructura evitando inundaciones que erosionarían los terraplenes, otra de las cuestiones importantes de las alcantarillas es que pueden trabajar de dos formas, con carga o sin carga, la primera forma es cuando el agua no desfoga rápidamente o sea que esta obstruida por una masa de agua estancada y el tubo puede estar trabajando forzado y sin carga es que el tubo trabaja libremente.

2.17.2 Tipos de alcantarillas.

En relación con Crespo (2005), de acuerdo al tipo de material con el que son construidas las alcantarillas se clasifican en:

- 1) Alcantarillas de bóveda. Son de mampostería o también de concreto.
- 2) Alcantarillas de tubo. Pueden ser de concreto reforzado, lamina corrugada, barro vitrificado, fierro fundido o de polietileno de alta densidad que en la actualidad son muy utilizados.
- 3) Alcantarillas de cajón. Se construyen de concreto reforzado.
- 4) Alcantarillas de losa. Se construyen de concreto armado.

El tomar la decisión de que tipo de alcantarilla utilizar dependerá del tipo de suelo donde se construirá de igual manera dependerá el tipo de cimentación a utilizar, y en cada caso compara los costos de construcción, la duración de los materiales utilizados (vida útil) y la conservación.

2.17.3 Longitud de las alcantarillas.

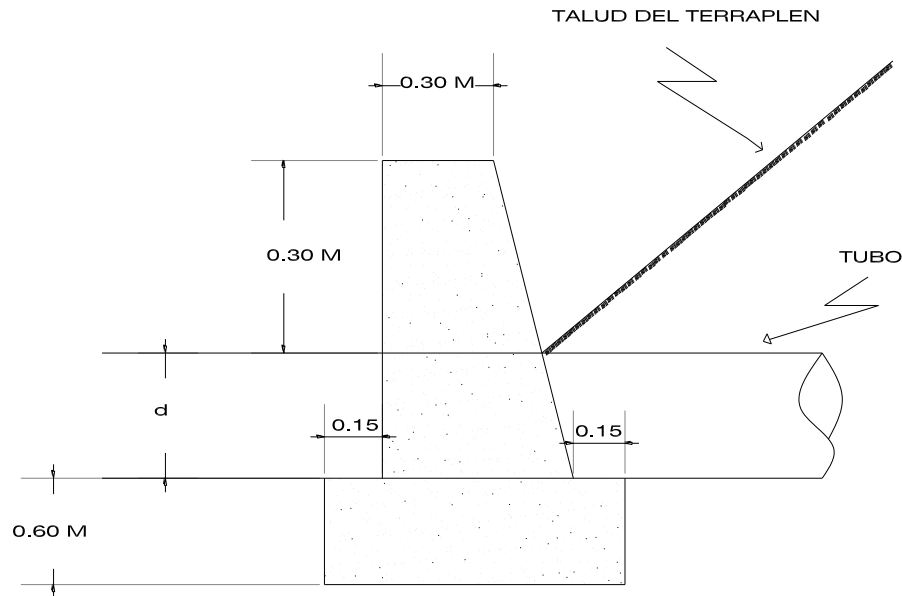
De acuerdo con Crespo (2005), los factores mas importantes que determinan la longitud total de una alcantarilla son, el ancho de la corona del camino, la altura de los terraplenes y el Angulo de esviajamiento.

2.17.4 Muros de cabeza.

En lo citado por Crespo (2005), las funciones principales de los muros de cabeza es proteger el cañón, evitando la erosión del material de alrededor y encausar la corriente, generalmente se construyen de mampostería pero también pueden ser de concreto o simplemente de piedra acomodada, aunque de eso dependerán su funcionalidad, por supuesto los de concreto son los mejores, la altura de los muros de cabeza deben ser mas altos en no menos de 30 centímetros arriba del la intersección con los taludes del terraplén, y en la parte inferior del muro debe prolongarse hasta por debajo del tubo formando una

especie de plantilla de aproximadamente 60 centímetros de espesor para evitar erosión en las parte inferior del muro de cabeza, como se muestra en la siguiente imagen:

ALCANTARILLA CON MURO DE CABEZA



2.18 Puentes.

Según Crespo (2005), es muy común que para realizar el cruce de alguna depresión geológica, un río o una vía de comunicación, sea necesario algún puente, el cual puede estar construido con piedra, madera, concreto, concreto reforzado o acero estructural, de igual manera su función es la misma, con la simple regla de que la distancia mas corta entre dos puntos es la línea recta, su importancia dependerá de la funcionalidad y el servicio que pueda brindar.

2.18.1 Antecedentes de los puentes.

Desde la antigüedad el ser humano se ha visto en la necesidad de desplazarse de un punto a otro en búsqueda de alimentos u otras razones y se encontró en un punto donde el rodear un río o alguna depresión le tomaría

bastante esfuerzo y tiempo y encontró un tronco de un árbol caído que por razones naturales le brindaba la oportunidad de desplazarse de un lado al otro, los egipcios con tecnología de su tiempo construyeron puentes para el rey Menis, de este modo las diferentes civilizaciones alrededor del mundo fueron mejorando su tecnología como los romanos con sus puentes de madera y mampostería, los chinos con los puentes colgantes y así cronológicamente fue evolucionando el puente hasta que en Europa, Inglaterra para ser mas exactos se desarrollaron los puentes de acero estructural.

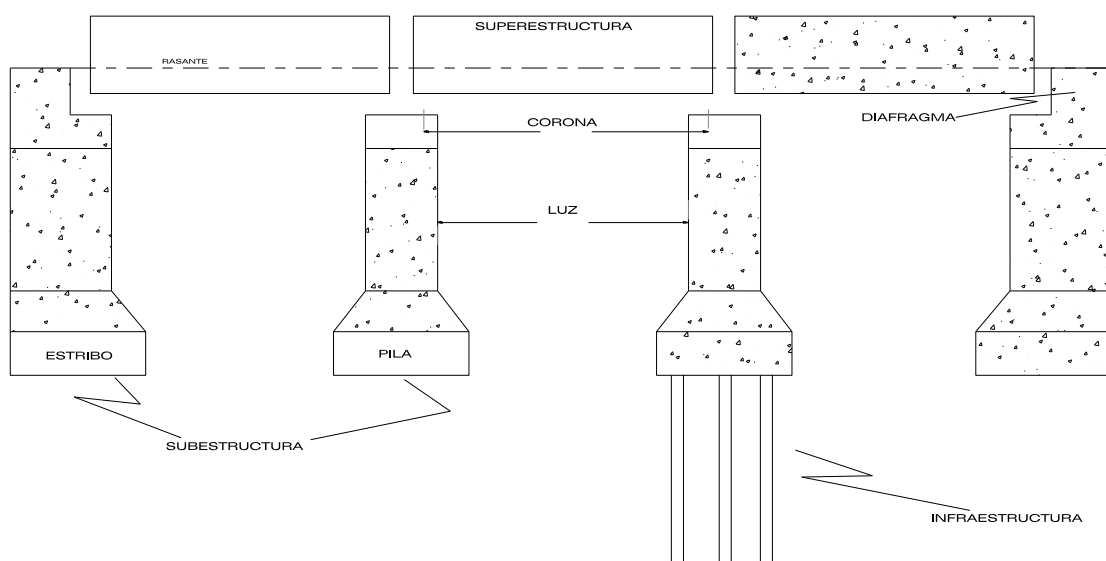
2.18.2 Elementos principales de los puentes.

Una de las principales características de un puente se puede observar en su longitud que salva claros mayores de 6 metros de longitud, y no lleva un colchón de material sobre ellos y esta complementado por mas elementos que a continuación se mencionaran brevemente:

- Superestructura. Es el elemento que se encuentra en el nivel mas alto del puente y puede ser construida con diferentes materiales como pisos de madera sobre largueros de madera, losas concreto armado apoyado sobre trabes de concreto o acero estructural, arcos de concreto o mampostería, armaduras de acero y colgantes.
- Subestructura. Esta puede ser construida con diferente tipo de materiales como la madera, concreto armado, pilas y estribos de mampostería, el acero juega un papel muy importante en la subestructura este se puede encontrar en torres metálicas apoyadas sobre pedestales de concreto, las pilas y estribos que se pueden encontrar con construidas de concreto armado.

- Infraestructura. Este elemento debido a que esta en contacto con la zona de desplante del puente es necesario que este construido con materiales que no se degraden con el paso del tiempo y es recomendable utilizar las mamposterías o el concreto, los pilotes y los cilindros de fricción que son los que le dan estabilidad al puente estos elementos forman parte de la infraestructura del puente.

Los puentes no todos son iguales, su forma y uso determinaran el tipo de puente, como los puentes peatonales que solo serán utilizados para el transito de personas a diferencia del los puentes para caminos que tendrán que resistir cargas mayores por el transito de vehículos ligeros y pesados, a continuación se anexara una imagen para tener una mas amplia visión del los elementos que conforman un puente.



CAPITULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN.

El presente capítulo tratará todo lo referente al sitio donde se encuentra el tramo carretero, su localización geográfica así como su entorno físico, geológico e hidrológico, de igual forma se anexará un informe fotográfico actualizado del tramo carretero donde se mostrarán las condiciones físicas del mismo y el estudio de tránsito para ver la cantidad y tipo de vehículos que utilizan esta carretera y la importancia que tiene para la región.

3.1. Generalidades.

Michoacán de Ocampo se encuentra ubicada en la parte centro occidental de la república mexicana es uno de los 31 estados que junto con el Distrito Federal conforman las 32 entidades federativas de México.

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

Michoacán tiene una superficie de 58,585 kilómetros cuadrados, que representa el 3 % de la superficie total del país, ocupando el lugar número 16 en extensión entre las 32 entidades federativas de México.

Se encuentra ubicado entre las coordenadas 17° 55' y 20° 24' de latitud norte, y las coordenadas 100° 04' y 103° 44' de longitud oeste.

El estado de Michoacán tiene 113 municipios y su capital es la ciudad de Morelia.



Imagen: Ubicación del Estado de Michoacán en el país.

El municipio de la La Huacana se encuentra ubicada en la parte suroeste del estado de Michoacán.

Su superficie municipal es de 1,952.60 Km² y representa un 3.32% del total del Estado.

Es el sexto Municipio más grande del Estado en superficie, siendo superado solamente por Huetamo, Tumbiscatío, Aquila, Coalcomán, y Arteaga.

La Cabecera Municipal de La Huacana, se ubica geográficamente a los 18° 57' 44" Latitud Norte y a los 101° 48' 23" de Longitud Oeste.

Y se encuentra a 480 metros sobre el nivel del mar.

El clima es cálido tropical con lluvias en verano en la mayoría del municipio, en el resto se vive bajo un clima seco estepario, situación que propicia que su temperatura ambiente oscile entre los 38°C como máxima y los 18.6° C como mínima.

Limita al Norte con los Municipios de Ario de Rosales y Nuevo Urecho, al Sur con Churumuco, Arteaga, Tumbiscatío y Apatzingàn, al Este con Turicato y Oeste con Múgica, Gabriel Zamora y Parácuaro.



Imagen: Municipio de La Hucana en el estado de Michoacán.

El tramo carretero Cupuancillo - La Peña se encuentra al suroeste del municipio de La Huacana, esta carretera entronca con la carretera federal cuatro caminos - Lázaro Cárdenas en la comunidad de Cupuancillo, donde inicia con el cadenamiento 0+000 y toma el rumbo al suroeste hacia la comunidad de La Peña de Cupuan donde termina con el cadenamiento 7+500, esta carretera esta clasificada como camino tipo "E".

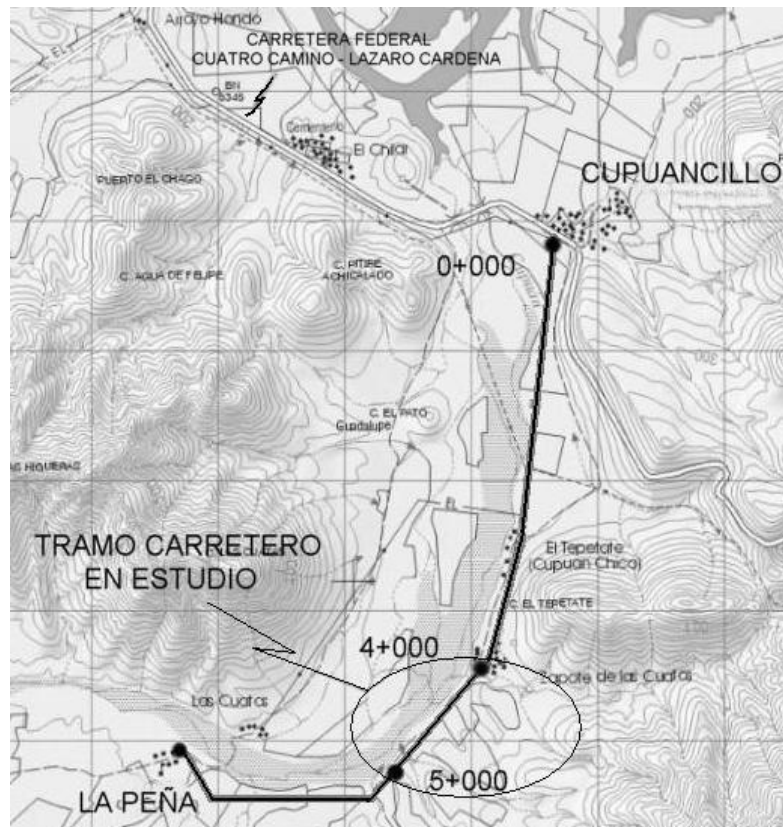


Imagen: Tramo carretero Cupuancillo – La Peña.

3.2. Resumen ejecutivo.

Para realizar el siguiente trabajo de investigación se tuvo la necesidad de conseguir información sobre el proyecto del tramo carretero Cupuancillo - La Peña y específicamente en el tramo carretero que comprenden los cadenamamiento 4+000 al 5+000, se realizaron visitas física constantes al tramo carretero donde se levantaron datos como fue un aforo vehicular, se revisaron las condiciones físicas del tramo carretero, los problemas que tiene el sistema de drenajes, el entorno físico del lugar y se tomaron una serie de fotografías.

Se realizaron investigaciones documentales en diferentes libros y tesis relacionados con el tema, se buscó información por la Internet y se utilizaron diferentes tipos de programas o software para capturar en la computadora la información recopilada.

3.3. Entorno geográfico.

3.3.1 Topografía regional y de la zona en estudio.

La orografía del territorio del estado de Michoacán está dividida en la zona del Eje Neovolcánico en donde se localiza el volcán Parícutín que hizo erupción por última vez en 1943. Otros dos volcanes localizados en esta región son el Tancítaro, con una altura de 3,840 metros sobre el nivel del mar; y el Patambán, con 3,500 msnm.

La Depresión del Balsas está conformada también por la planicie del Tepalcatepec y la llanura costera del Océano Pacífico, y cuyo límite es la Sierra Madre del Sur, llamada Sierra de Coalcomán y Sierra de Arteaga.

Algunas de las elevaciones más altas del estado después del Volcán Tancítaro el cual tiene una elevación de 3840 msnm, son el Cerro de San Andrés con 3,600 msnm, Cerro Patambán: 3.500 msnm, Estos componen principalmente las elevaciones mayores que se pueden encontrar en el estado de Michoacán.

Orográficamente La Huacana se localiza en el Sistema Volcánico Transversal destacándose en este aspecto el Volcán del Jorullo que hizo erupción en el año de 1759 y hasta la fecha se encuentra inactivo, las elevaciones más importantes en este municipio son el Cerro de Condébaro, Las Canoas, El Estribo, La Sierrita y el Cerro de Milpillas.

El tramo carretero se encuentra construido por la orilla del Río Cupuan en un tipo de terreno lomerío donde la elevación ronda los 420 metros sobre el nivel del mar.

3.3.2 Geología regional y de la zona en estudio.

Michoacán comparte con los estados de Colima, Jalisco, Guerrero y México los terrenos de la provincia geológica denominada Sierra Madre del Sur; y con Jalisco, Guanajuato, Querétaro y México, los del Eje Neovolcánico.

La Sierra Madre del Sur presenta en esta entidad una serie de aspectos complejos desde el punto de vista geológico.

La geología del Estado de Michoacán se constituye, en términos generales, por rocas de un basamento metamórfico, rocas sedimentarias originadas en el Mesozoico y rocas ígneas intrusivas y extrusivas del Cenozoico. En las superficies correspondientes al Eje Neovolcánico, se encuentran rocas extrusivas, como los basaltos además de depósitos lacustres y depósitos de pie de monte y aluvión.

Esta provincia está constituida por varios conjuntos estratigráficos donde se pueden observar las rocas más antiguas del estado de Michoacán, como son las rocas metamórficas del Paleozoico Superior.

El relieve estructural original de la provincia del Eje Neovolcánico está constituido esencialmente por rocas volcánicas jóvenes (del Cenozoico Superior). El paisaje de esta región conserva en su mayor parte, rasgos estructurales originales.

Esta provincia es una gran franja volcánica del Cenozoico Superior, que cruza transversalmente la República Mexicana a la altura del paralelo 20. Está formada por una gran variedad de rocas volcánicas que fueron emitidas a través de un número importante de volcanes, algunos de los cuales constituyen alturas notables como El Tancítaro, El Jorullo y Parícutín.

3.3.3 Hidrología regional y de la zona en estudio.

El estado de Michoacán se encuentra formado por 4 regiones hidrológicas:

- la región Lerma-Santiago al Norte del Estado (RH12).
- la región del Río Balsas situada en la parte central (RH 18).
- la región Armería-Coahuayana se ubica al Sur (RH 16), entre la Sierra de Coalcomán y la Zona Costera.
- Ríos de la Costa (RH 17).

En la región Lerma-Santiago se extienden importantes cuerpos de aguas naturales, como los lagos de Pátzcuaro, Cuitzeo y Chapala, así como de tipo artificial como las presas de Tepuxtepec, Cointzio y Malpais que son de gran importancia en la agricultura de cada una de las diferentes regiones del estado.

En la región Río Balsas se localiza una de las corrientes más importantes del país, precisamente por el río Balsas, el cual alimenta de agua a la presa El Infiernillo que, junto con el Balsas, forman uno de los embalses más importantes del país.

Otras corrientes importantes son los ríos Tacámbaro, Tepalcatepec y Cupatitzio, e igual que el lago de Zirahuén pertenece a la región hidrológica número 18 del estado de Michoacán.

De la región Armería-Coahuayana sólo una pequeña área corresponde al Estado de Michoacán. Aquí la corriente más importante es la del río Coahuayana, también conocido como Tuxpan.

La región Ríos de la Costa comprende las corrientes que desembocan en el Océano Pacífico. Las corrientes principales son las de los ríos Neixpa y Coalcomán.

Considerando el sistema de clasificación hidrológico nacional, en el área de influencia del Estado las 4 regiones hidrológicas comprenden 19 cuencas y éstas a su vez 57 subcuencas, 138 subcuencas específicas y 688 microcuencas.

La Cabecera Municipal de la Huacana es bañada por las aguas del Río Huámito que tiene su origen en las comunidades de La Puerta de La Playa y Agua Blanca y desembocado en la Presa de Zicuiran a donde llega también el Río Conguripo que nace en la Tenencia de Urapa, municipio de Ario de Rosales; esta presa almacenaba originalmente 57 millones de metros cúbicos de agua, capacidad que ha disminuido por el notable incremento de azolve que ha registrado en los últimos años y que ha impedido en su totalidad el riego de las 2,061 hectáreas con que se proyectó originalmente por parte de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Otro río de gran importancia es el de Tepalcatepec que pasa a la margen de las comunidades de Nuevo Centro y Los Olivos, desemboca en la Presa del Infiernillo; este Río es límite natural entre el municipio de La Huacana y Parácuaro.

El Río de La Pastoría es la división natural entre los municipios de Múgica y La Huacana y al margen de su cauce se pueden apreciar extensas huertas de mango y limón, que permite a estos dos municipios ubicarse entre los más destacados productores de estas frutas en el mercado estatal.

El clima en el estado de Michoacán se divide dos grandes regiones: la correspondiente a la Sierra Madre del Sur y la del Eje Neovolcánico.

En la Sierra Madre del Sur se tiene una variedad de climas, en el fondo de las depresiones son secos y semisecos muy cálidos, y rodeando a éstos, en las

laderas de la sierra y costas michoacanas, se localizan los cálidos subhúmedos de más amplia extensión.

En la transición entre ambos se encuentran algunas áreas con clima semicálido subhúmedo. Sólo en las formaciones de mayor altura (cerros La Bufa, La Madroñera y La Magueyera, van de semicálidos hasta templados.

El Eje Neovolcánico, aquí los climas se distribuyen en una serie de franjas orientadas de oriente a poniente y se clasifican dentro del grupo de los climas templados. De Norte a Sur van de gradualmente de cálidos a fríos y nuevamente a cálidos.

Al Norte de las depresiones del Balsas y del Tepalcatepec se produce la transición entre los climas cálidos de la Sierra Madre del Sur y los templados y semifríos de las subprovincias de Mil Cumbres y la Meseta Tarasca del Eje Neovolcánico.

En el estado de Michoacán se tiene una precipitación media anual de 806 mm, la temperatura promedio anual es de 22.2 °C, teniendo como extremos temperaturas mínimas anuales de 14.7 °C y de 29.6 °C.

Los climas que predominan en el estado son:

- Cálido sub-húmedo con lluvias en verano: 34.7 % de la superficie estatal.
- Templado sub-húmedo con lluvias en verano: 27.9 % de la superficie estatal.
- Semicálido sub-húmedo con lluvias en verano: 20.3 % de la superficie estatal.
- Semiseco muy cálido y cálido: 10.6 % de la superficie estatal.
- Otros: 6.5 % de la superficie estatal.

El promedio de precipitación anual en la zona donde se localiza el tramo carretero en estudio es de 600 a 700 mm. Y más al norte del municipio puede variar entre los 800 a 1000 mm.

3.3.4 Uso de suelo y de la zona en estudio.

Las superficies y uso del suelo en el estado de Michoacán se clasifican en:

- 3'314,466 has (56.4%) como forestal.
- 1'710,092 has (29.1%) agrícola.
- 715,571 has (12.2%) pecuario.
- 138,645 has (2.3%) corresponden a cuerpos de agua y asentamientos humanos.

En la zona de estudio, el uso de suelo esta determinado por la agricultura principalmente, aprovechan el agua del Río Cupuan para sembrar maíz y sorgo, principalmente para alimentar al ganado que también forma parte como una de las actividades principales de la región.

3.4. Informe fotográfico.

3.4.1 Tipo de terreno y cobertura vegetal.

La zona de estudio se encuentra determinada por el lado derecho (con referencia del cadenamamiento), por el Río Cupuan, el agua del río es un factor importante en la vegetación en la zona ya que este proporciona la humedad necesaria para mantener verde la vegetación en la zona que esta compuesta principalmente por arbustos y huizaches, el tipo de terreno en el que esta construido el tramo carretero se clasifica como lomerío



FOTO 01: Estado físico actual del tramo carretero Cuponcillo – La Peña.

FUENTE: PROPIA

3.4.2 Problemas de drenaje superficial.

Al realizar las visitas al sitio de estudio se observaron distintos problemas en el drenaje superficial que se presentan a continuación:



FOTO 02: Cunetas completamente azolvadas.

FUENTE: PROPIA

En la foto 02 se puede observar el problema de las cunetas, están completamente azolvadas, con el material producto de la erosión del talud de corte, esto provoca que el agua de lluvia escurra por la superficie de rodamiento y combinado con el paso de los vehículos se convierte en un problema para la carpeta asfáltica.



FOTO 03

FUENTE: PROPIA

Como se puede observar en la foto 03 el caso anterior no es un caso aislado en el tramo carretero, esta situación de erosión de los taludes de corte se repite a lo largo de toda la carretera dejando completamente tapadas las cunetas, por lo que pasa a ser un problema serio ya que se pueden encontrar rocas del tamaño de un balón de fútbol sobre la carpeta de rodamiento.



FOTO 04

FUENTE: PROPIA

La foto 04 muestra la erosión que sufrió el material que forma el terraplén del camino, dejando expuesto completamente los muros de la alcantarilla, y debilitando considerablemente la estabilidad propia del camino y lejos de ser una carretera segura, el riesgo que sufren los usuarios de esta carretera al transitar por ella, y bueno esto fue un efecto domino ya que el agua que deberían canalizar las cunetas, escurren por la carpeta asfáltica e indudablemente encuentran salida por los muros de cabeza de las alcantarillas que descargan en el río.



FOTO 05

FUENTE: PROPIA



FOTO 06

FUENTE: PROPIA

La foto 05 y 06 muestran el estado de las alcantarillas de tubo, como se pueden ver están a un 95% de su área hidráulica tapadas con material producto de la erosión de los taludes de corte lo cual es un problema para la estabilidad del camino.

3.4.3 Estado físico actual.

La importancia que tiene una vía de comunicación en cualquier región del país independientemente de la clasificación o tipo que esta tenga, debe de cumplir con tres cosas debe ser segura, rápida y cómoda para facilitar la introducción a los servicios educativos, de salud, asistencia social y traslados de mercancías que impulsen a esas regiones al desarrollo, por lo que es necesario tener vías de comunicación que puedan brindar un buen nivel de servicio el tramo carretero en estudio presenta características que carecen en gran medida el propósito antes mencionado por lo que se puede considerar que las condiciones físicas en las que se encuentra el tramo carretero actualmente es malo a pesar que solo tiene un par de años que se construyo, y este es un claro ejemplo de cuando se proyecta un sistema de drenaje deficiente combinado con la falta de mantenimiento tan necesario en las carreteras.



FOTO 07

FUENTE: PROPIA



FOTO 08

FUENTE: PROPIA

En la foto 07 se puede observar un pozo, por la erosión del material que forma el terraplén, que ya alcanza a llegar hasta la carpeta asfáltica, esto representa un gran peligro para los usuarios de este tramo carretero, en la foto 08 se puede observar la carpeta asfáltica ya perdió la mayoría del material granular, debido a el escurrimiento del agua por su superficie.



FOTO 09

FUENTE: PROPIA

En la foto 09 se pude observar el espesor de la carpeta asfáltica la cual es muy pequeño y también esta muy deteriorada.

3.4.4 Vehículos que circulan por la vía.



FOTO 10

FUENTE: PROPIA



FOTO 11

FUENTE: PROPIA



FOTO 12

FUENTE: PROPIA

En las fotos 10,11 y 12 se pueden apreciar los tipos de vehículos que circulan con mayor frecuencia por esta carretera en ambos sentidos.

3.5 Estudio de tránsito.

Se puede señalar que la mayoría de los vehículos que circulan se clasifican como vehículos ligeros.

Los datos de tránsito vehicular fueron obtenidos realizando un aforo en el lugar, y los datos obtenidos muestran la cantidad de vehículos que transitan por

esta carretera y son de aproximadamente 56 unidades por día, por lo que esta dentro del rango para una carretera del tipo "E".

CAPITULO 4

METODOLOGÍA.

El presente capítulo tratará todo lo referente a la metodología de investigación, el método utilizado, enfoque y alcance de la investigación que se utilizó en este estudio.

4.1 Método empleado.

El método empleado para este trabajo fue el método matemático cuantitativo, ya que en el proceso de la revisión del sistema de drenaje del tramo carretero Cupuancillo – La Peña se utilizaron diferentes tipos de cálculos para los elementos que lo integran.

4.2 Método matemático.

De acuerdo con Mendieta (2005), el ser humano ha desarrollado la capacidad del concepto de la cantidad, es muy común que las personas se vean en la necesidad de aplicar un método científico para realizar la comparación de cantidades, adicionar o disminuir cifras o determinar valor económico y capacidad.

En las investigaciones donde se relacionan un número determinado de constantes, determinación de varias hipótesis y comprobaciones, las cuales puedan ser utilizadas para afirmar o negar algo, puede decirse que se utilizó un método comparativo, pero en las investigaciones donde existen diferencias o cambios graduales en referencias a factores de tiempo u otros, puede decirse que se está aplicando un método comparativo.

4.3 Enfoque de la investigación.

El presente trabajo se enfocó a una investigación cuantitativa que es en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables, en referencia se señala que “La investigación cuantitativa nos ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, nos otorga control sobre los fenómenos y un punto de vista de conteo y magnitudes de éstos. Asimismo, nos brinda una gran posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de tales fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares.” (Hernández; 2005:18).

De acuerdo con Hernández (2005), los métodos cuantitativos han sido muy utilizados por las ciencias Químicas, Físicas y Biológicas comúnmente denominadas como ciencias exactas, este método es empírico por que recopila datos del fenómeno en estudio, por lo que es necesarios tomarlo con seriedad y profesionalismo.

Por su parte, “La investigación cualitativa da profundidad a los datos, la dispersión, la riqueza interpretativa, la contextualización del ambiente o entorno, los detalles y las experiencias únicas.” (Hernández; 2005:18).

En relación con Hernández (2005), los métodos cualitativos han sido muy utilizados por la Antropología, Etnografía y Psicología Social que son disciplinas de carácter humanístico, cabe señalar que los dos tipos de investigación son de utilidad en cualquier campo y aportan al desarrollo del conocimiento, la formación de teorías y resolución de problemas.

En este trabajo de tesis se lleva a cabo la revisión de un sistema de drenaje existente, se está partiendo de un proyecto ya realizado y se compararan los resultados entre el trabajo ejecutado con el trabajo de revisión, por lo que se

está empleando la investigación cuantitativa para analizar la comparativa de resultados.

4.4 Alcance.

El alcance en el presente trabajo es descriptivo, en referencias se señala que “Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.”(Hernández; 2005:117).

Al respecto, Hernández (2005), señala que el investigador con frecuencias se ve en la necesidad de recolectar datos o tener una descripción de diversos aspectos del fenómeno a investigar, con el propósito de tener un concepto mas amplio del mismo, cómo es y como se manifiesta dicho fenómeno.

4.5 Diseño de la investigación.

Cabe señalar que el presente estudio adopta un método no experimental, con una investigación transeccional.

En relación con lo señalado por Hernández (2005), la investigación transeccional recopila datos en un determinado intervalo de tiempo el cual es único, su objetivo es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

Los diseños transeccionales descriptivos tienen como fin tratar de llegar al conocimiento de la incidencia y los valores que presentan una o más variables de un fenómeno o evento y proporcionar su descripción, por lo tanto, los estudios e hipótesis establecidas es esencialmente descriptiva.

Los diseños transeccionales correlacionales-causales describen la relación entre dos o más categorías, conceptos o variables en un tiempo determinado.

4.6 Instrumentos de recopilación de datos.

En relación con Hernández (2005), recopilar datos implica:

- Determinar lo mas preciso que se pueda los eventos o conductas a observar.
- Recopilar información que refleje los aspectos, eventos o conductas observados o a observar.
- Determinar o definir las unidades a observar.
- Establecer las categorías y subcategorías de observación.

Dentro del trabajo de tesis y de acuerdo al tema en cuestión es necesario la utilización de unos programas computacionales como Microsoft Excel para realizar los cálculos de los elementos que componen el sistema de drenaje del tramo carretero Cupuancillo – La Peña, los programas a utilizar son el Autocad para determinar el área de las cuencas en las cartas topográficas.

4.7 Descripción del procedimiento de investigación.

El presente estudio inició a partir de la determinación de un tramo carretero, posteriormente se investigo si existía algún proyecto relacionado con el tramo carretero, se realizaron investigaciones documentales en diferentes autores de libros relacionados al tema, de tal forma que se enriqueciera la investigación, se investigo teoría a cerca del tema de estudio y se determino una metodología de recopilación de datos.

Para almacenar datos de forma ordenada se recurrió a la computadora, se utilizaron diferentes tipos de software de tal forma que los datos que se obtuvieron al realizar las visitas físicas a la zona de estudio quedaran representados en el presente estudio.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

En el siguiente capítulo tratará sobre la revisión del sistema de drenaje, como son las alcantarillas de losa, tubo y cunetas además de otros elementos, que su principal función es desalojar el agua que cae tanto dentro de la cuenca, como la que se precipita sobre el camino, posteriormente los resultados se compararan con los de proyecto y se realizara un análisis para determinar si realmente cumple con las características principales para brindar un buen nivel de servicio.

5.1 Área y pendiente de la cuenca.

Para determinar el área de la cuenca fue necesario buscar información en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en lo que corresponde a la carta topográfica con número de clasificación E13B59 con referencia a la población de Tarecuato perteneciente al municipio de Gabriel Zamora en el estado de Michoacán, México, para determinar el área de la cuenca fue necesario utilizar en la computadora el programa o software AutoCad y se trazó la línea o parteaguas de la cuenca y se determinó el área de la cuenca, posteriormente se utilizó otro programa CivilCad que es un complemento del AutoCad para determinar el área total de las cuencas hidrológica trazada.

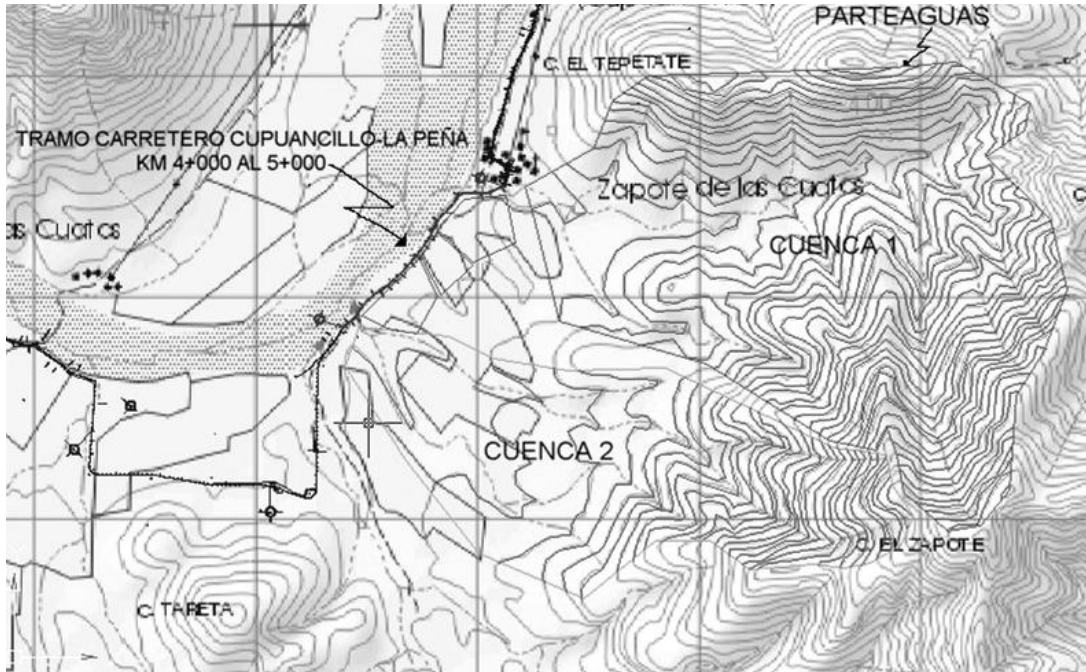


Imagen 5.1.- Cuencas hidrológicas del tramo carretero Cupuancillo –La Peña km 4+000 al 5+000.

En la imagen 5.1 se observan los límites o parteaguas de las cuencas hidrológicas que influyen en el tramo carretero en estudio, el área de la cuenca 1 como se muestra en la figura 5.1 es de aproximadamente 318.13 hectáreas y la cuenca 2 es de 177.37 hectáreas.

Para obtener la pendiente se utilizará el criterio de Alvord.

$$S_c = \frac{DL}{A_c}$$

Donde:

Sc = Pendiente de la cuenca.

D = Desnivel entre curvas de nivel el cual es de 0.02 km en las cartas topográficas de INEGI.

L = Longitud total, en kilómetros, de las curvas de nivel dentro de la cuenca hidrológica.

Ac = Área de la cuenca (km²)

Por lo tanto:

Cuenca 1

D = 0.02 km.

L = 76.43 km.

Ac = 3.28 km²

Sc = 0.4660

Cuenca 2

D = 0.02 km.

L = 28.10 km.

Ac = 1.77 km²

Sc = 0.3175

5.2 Cálculo de área de la alcantarilla.

Para determinar el área de la sección que deberá tener la alcantarilla se utilizará la fórmula de Talbot:

$$S = 0.183 \cdot C \cdot \sqrt[4]{A^3}$$

Donde:

A = Área de la cuenca por drenar expresada en hectáreas.

C = Coeficiente de escurrimiento.

$S =$ Área de la sección que deberá tener la alcantarilla.

Cuenca 1

$A = 328.13$ hectáreas.

$C = 0.80$ lomerío fuerte.

$S = 11.29 \text{ m}^2$ Área de la sección de la alcantarilla.

Cuenca 2

$A = 177.37$ hectáreas.

$C = 0.80$ lomerío fuerte.

$S = 7.12 \text{ m}^2$ Área de la sección de la alcantarilla.

Las alcantarillas deben tener un espacio libre que se considera los arrastres de las corrientes de agua que en ningún caso debe ser menor a 50 centímetros por lo tanto:

Área de la alcantarilla para cuenca 1

Como la alcantarilla debe tener un área hidráulica de 11.29 m^2 se proyectaría una alcantarilla de $4.50 \times 2.50 = 11.25 \text{ m}^2$.

Considerando bordo libre para los arrastres no menor de 50 centímetros.

Por lo tanto el área hidráulica de la alcantarilla será de $4.50 \times 3.00 = 13.50 \text{ m}^2$. Como se muestra en la figura 5.2

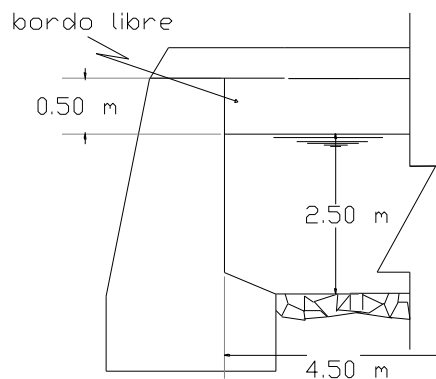


Imagen 5.2.- Área de la sección de la alcantarilla 1.

Área de la alcantarilla para cuenca 2

Como la alcantarilla debe tener un área hidráulica de 7.12 m^2 se proyectaría una alcantarilla de $4.50 \times 1.60 = 7.20 \text{ m}^2$.

Considerando bordo libre para los arrastres no menor de 50 centímetros.

Por lo tanto el área hidráulica de la alcantarilla será de $5.0 \times 1.60 = 8.00 \text{ m}^2$. Como se muestra en la figura 5.3.

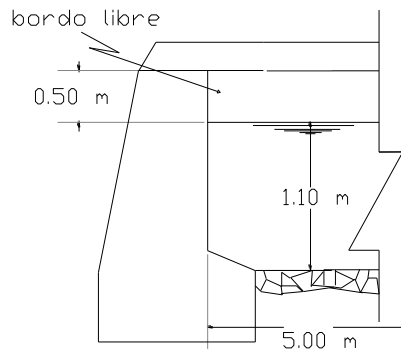


Imagen 5.3.- Área de la sección de la alcantarilla 2.

5.3 Cálculo de cunetas.

Para el cálculo de las cunetas fue necesario revisar la topografía del terreno y el perfil del camino (plano 1), para saber los tramos donde se colocarán, como se muestra en la tabla 5.4:

NUMERO	TRAMO		LADO	LONGITUD m	ELEVACIONES		PENDIENTE %
	INICIO	FIN			INICIO	FIN	
1	4-000	4-014	IZQ	14	123.45	122.8	0.04642857
2	4-000	4-033.45	DERECH	33.45	122.83	121.79	0.03109118
3	4-120	4-140	IZQ	20	117.285	116.858	0.02135
4	4-200	4-297	IZQ	97	116.018	115.753	0.00273196
5	4-360	4-417	IZQ	57	115.073	115.544	0.00826316
6	4-439.27	4-536.78	IZQ	97.51	115.26	116.73	0.01507538
7	4-560	4-700	IZQ	140	116.918	118.65	0.01737143
8	4-700	4-840	IZQ	140	116.65	116.6	0.01464286
9	4-960	5-000	IZQ	20	118.18	118.565	0.01925

Tabla 5.1.- Tramos de localización de las cunetas.

De acuerdo a los tramos anteriores mostrados en la tabla 5.1 se opto por revisar el gasto de agua que pudiera entrar en el tramo de cuenta, el cual se nombrará como critico es decir, en el tramo donde entrará más gasto de agua y que tiene mayor longitud de cuneta, para esto se utilizara la formula de Burkli- Ziegler para determinar el gasto que pudiera entrar al tramo de cuneta critico:

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

Donde:

C= 0.75 (coeficiente de escurrimiento para calles pavimentadas).

$$A = \frac{(140)(3.5)}{10000} = 0.049 \text{ hectáreas (área del camino).}$$

h = 0.019 Cm/ Hrs (Precipitación pluvial de la zona en estudio INEGI).

S = 4.47 mt/km (pendiente general promedio del camino).

$$Q_1 = 0.022 * 0.75 * 0.019 \sqrt[4]{4.47/0.049}$$

$Q_1 = 9.68E^{-5} \text{ m}^3/\text{seg.}$ (Gasto de agua que aportara la mitad del camino por bombeo).

Aportación de gasto de agua del área tributaria considerando 100 metros perpendiculares al camino por la longitud total del tramo critico:

C= 0.25 (coeficiente de escurrimiento terreno de cultivos).

$$A = \frac{(140)(100)}{10000} = 1.40 \text{ hectáreas (Aportación de área tributaria).}$$

h = 0.019 Cm/ Hrs (Precipitación pluvial de la zona en estudio INEGI).

$S = 31.75 \text{ mt/km}$ (pendiente cuenca hidrologica).

$$Q_2 = 0.022 * 0.25 * 0.019 \sqrt[4]{31.75/1.40}$$

$Q_2 = 0.0022 \text{ m}^3/\text{seg.}$ (Gasto de agua que aportara la mitad del camino por bombeo).

Para determinar el gasto de agua total que entrará al tramo de cuneta crítico se sumaran los gastos de aportación:

$$Q_1 + Q_2 = 0.0022 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Para el cálculo de la sección de las cunetas se procedió a realizar una comparación con la cuneta tipo, según la Secretaria de Comunicaciones y Transporte (SCT), las características y dimensiones de la cuneta tipo son las siguientes.

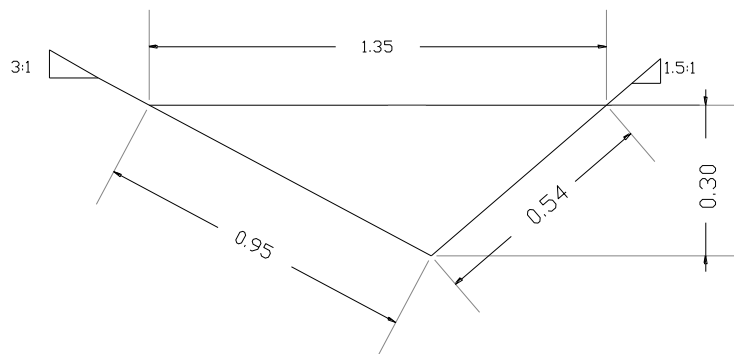


Imagen 5.4.- Cuneta tipo.

$$\text{Área} = 0.2025 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro mojado} = 1.49$$

$$\text{Radio hidráulico } \frac{A}{P} = 0.1359$$

Gasto cuneta tipo: Utilizando la formula de Chezy.

$$Q = AV$$

$$A = 0.2025 \text{ m}^2$$

Según la fórmula de Manning:

Donde:

$R = 0.1359$ (Radio hidráulico).

$S = 0.01464$ (Pendiente).

$n = 0.03$ (coeficiente de rugosidad roca lisa y uniforme).

Por lo tanto:

$$V = \frac{1}{0.03} 0.1359^{2/3} 0.01464^{1/2}$$

$V = 1.066$ m/seg.

$Q = AV$

$Q = 0.2158$ m³/seg.

Como se puede observar la velocidad del agua es de 1.066 m/seg de operación de la cuneta tipo y el gasto que puede soportar es de 0.2158 m³/seg que es mayor al gasto de aportación, por lo tanto Como el gasto que puede desalojar la cuneta tipo es mayor al gasto de aportación, se procede a usar la cuneta tipo en todos los tramos indicados según en los cadenamientos mostrados en la tabla 5.1 y solo por cuestiones mantenimiento se puede utilizar un revestimiento de concreto en las cunetas de aproximadamente 10 cm de espesor.

5.4 Bombeo.

Según la SCT en caminos asfaltados la pendiente que se debe cumplir es del 2% y realizando la comparativa con el proyecto se puede decir que si se consideró este elemento de gran importancia (plano 2), en el sistema de drenaje del camino como se muestra en la imagen 5.5:

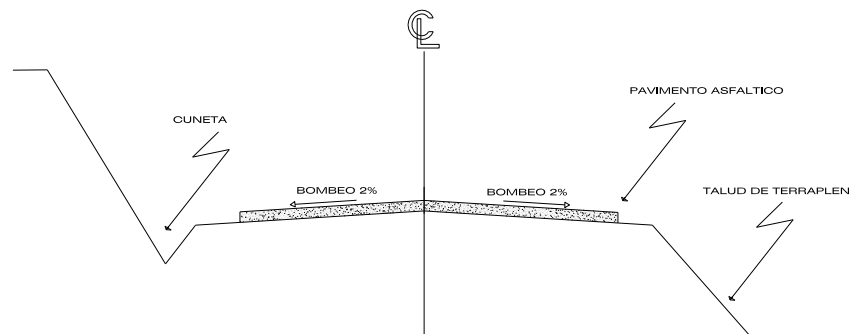


Imagen 5.5.- Bombeo en camino.

5.5 Lavaderos.

De acuerdo a las longitudes de las cunetas se tuvo la necesidad de incluir ocho lavaderos en las siguientes ubicaciones:

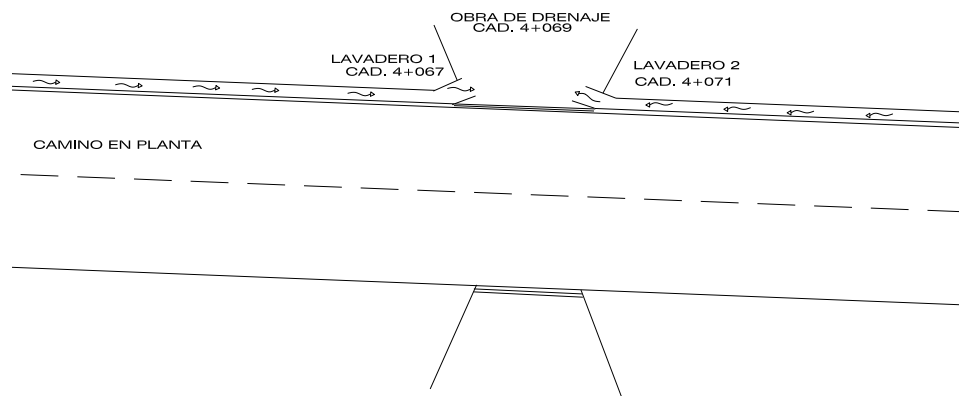


Imagen 5.6.- Ubicación de lavaderos 1 y 2 salida hacia alcantarilla cad. 4+069.

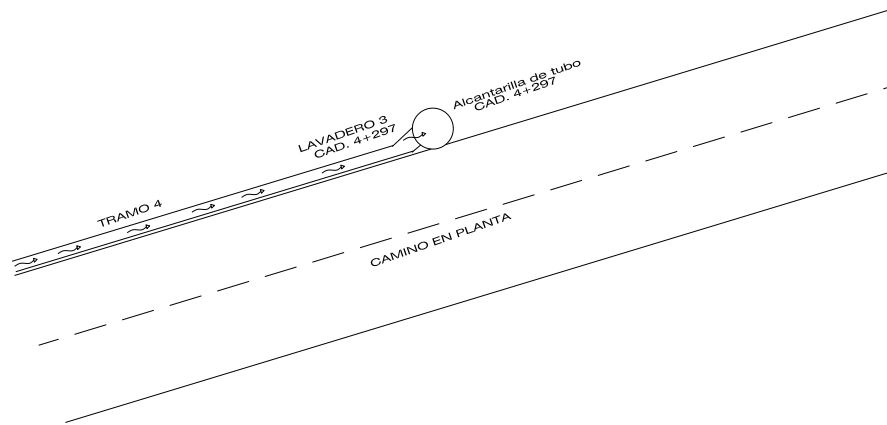


Imagen 5.7 Ubicación de lavadero 3 salida hacia alcantarilla de tubo cad. 4+297.

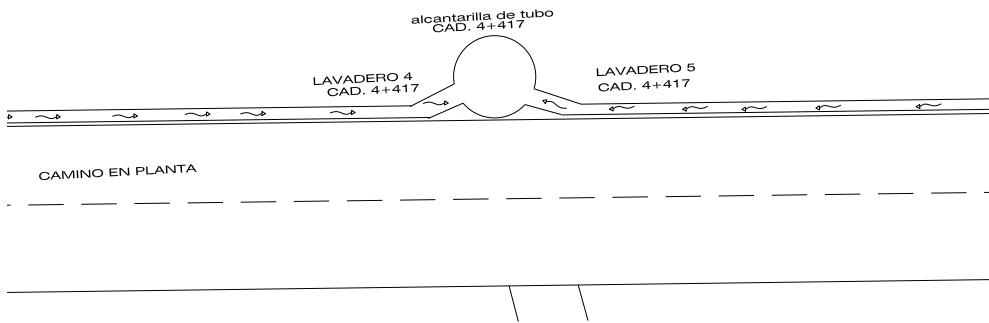


Imagen 5.8.- Ubicación de lavaderos 4 y 5 salida hacia alcantarilla de tubo cad. 4+417.

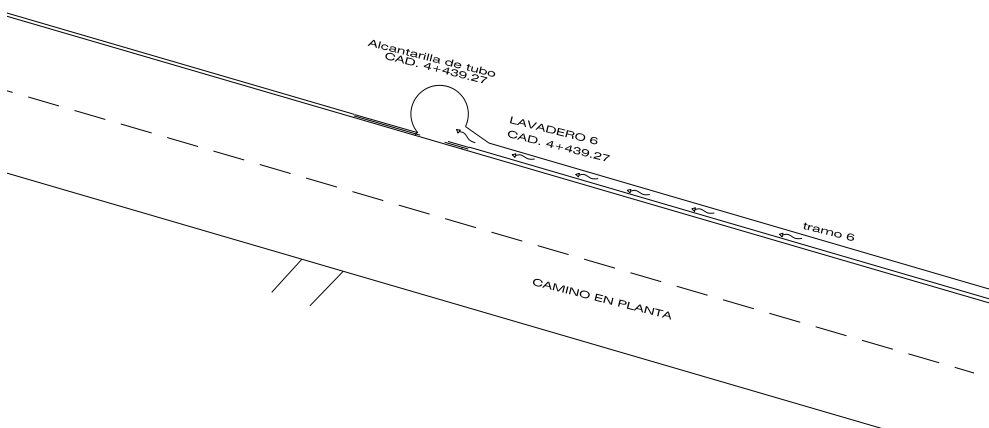


Imagen 5.9.- Ubicación de lavadero 6 salida hacia alcantarilla de tubo cad. 4+439.27.

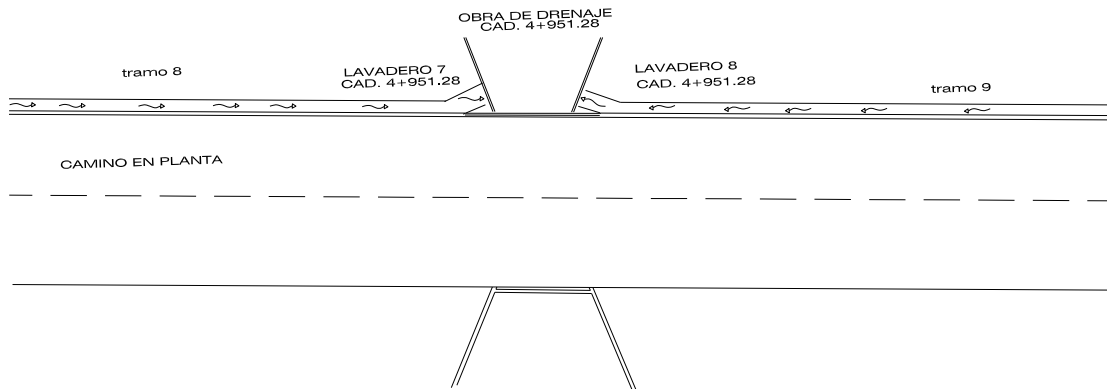


Imagen 5.10.- Ubicación de lavadero 7 y 8 salida hacia alcantarilla cad. 4+951.28

Las características y dimensiones de los lavaderos serán de acuerdo a las características físicas y topográficas (plano 1), deberán tener un revestimiento de concreto de 10 cm de espesor.

5.6 Cálculo de las alcantarillas de losa.

Alcantarilla 1:

Revisión de la alcantarilla de losa ubicada en el Km. 4+069.35 que tiene la función de drenar el agua que se precipite en la cuenca 1 que tiene un área de 328.13 hectáreas, y también desalojar los gastos de agua que aportaran los tramos 1, 2 de las cunetas y la precipitación de la mitad del camino por bombeo como se mencionó anteriormente:

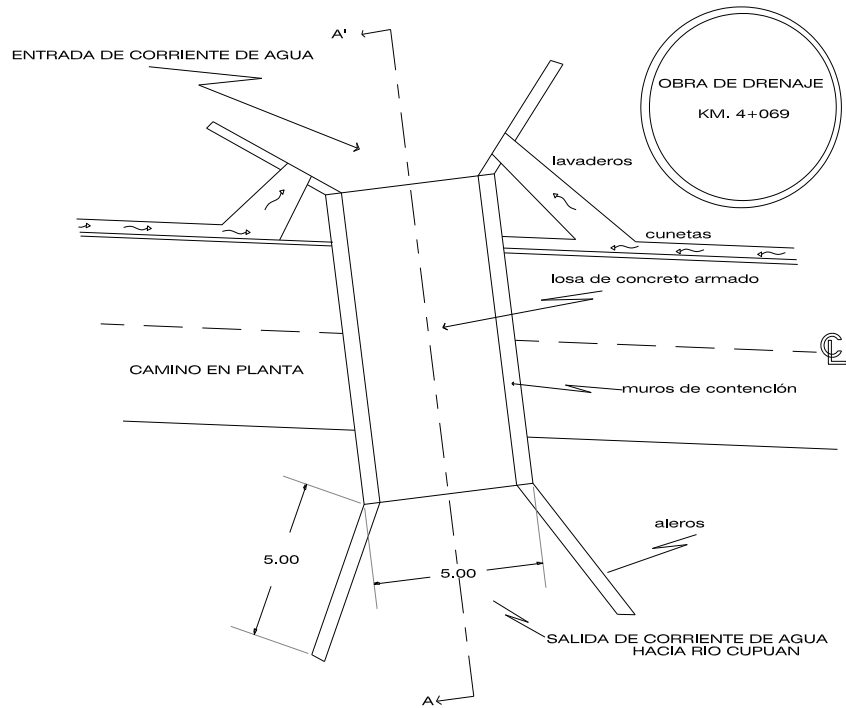


Imagen 5.11.- Localización y datos generales de la alcantarilla 1.

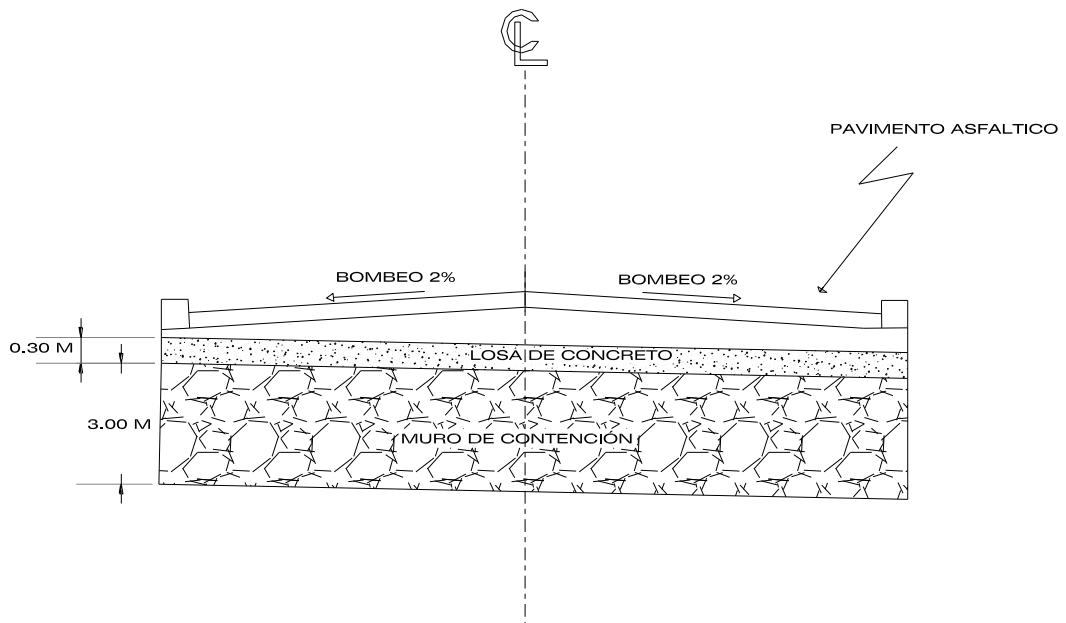


Imagen 5.12.- Corte longitudinal A-A' alcantarilla 1 Km. 4+069.35

El área hidráulica de la alcantarilla 1 será de $4.50 \times 3.00 = 13.50 \text{ m}^2$, el cálculo de la losa de la alcantarilla (anexo A), tiene las características y dimensiones siguientes:

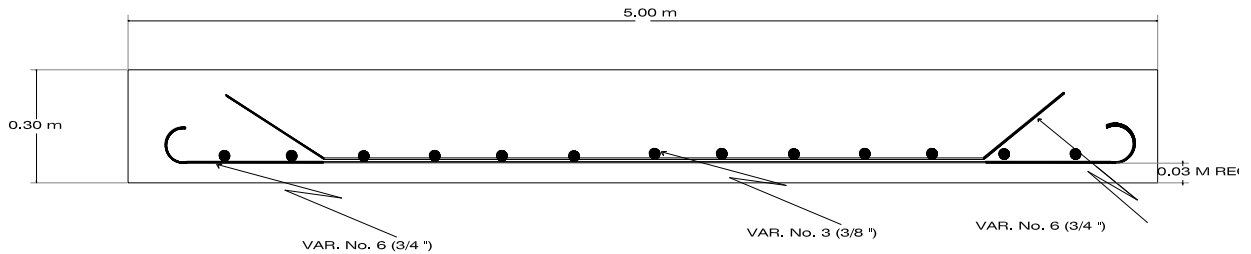


Imagen 5.13.- Armado de la losa (corte Lado Corto).

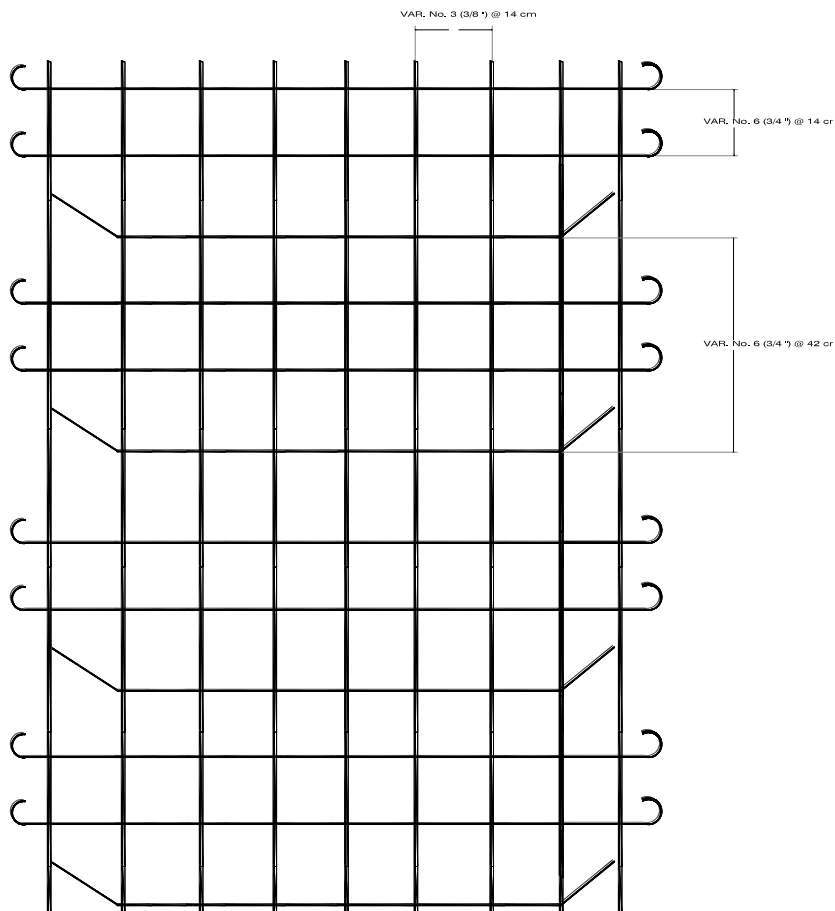


Imagen 5.14.- Armado de la losa (Planta).

La losa antes descrita y calculada en el (anexo A): Se revisaron las cargas vivas, cargas muertas que intervendrán, con un peralte de 30 centímetros de espesor que fue revisado por cortante y cumplió, llevara un armado de varilla del número 6 (3/4") a cada 14 centímetros en lado corto como se muestra en la imagen 5.11 y en lado largo varilla del número 3 (3/8") a cada 14 centímetros.

Al fondo de la alcantarilla se propone llevar un zampeado (piedra braza con junta de mortero) para evitar problemas de erosión en los muros de contención tipo A y con los muros aleros.

Los muros de contención que van a lo largo de la alcantarilla son de mampostería (piedra braza con junta de mortero), y tiene las siguientes características y dimensiones:

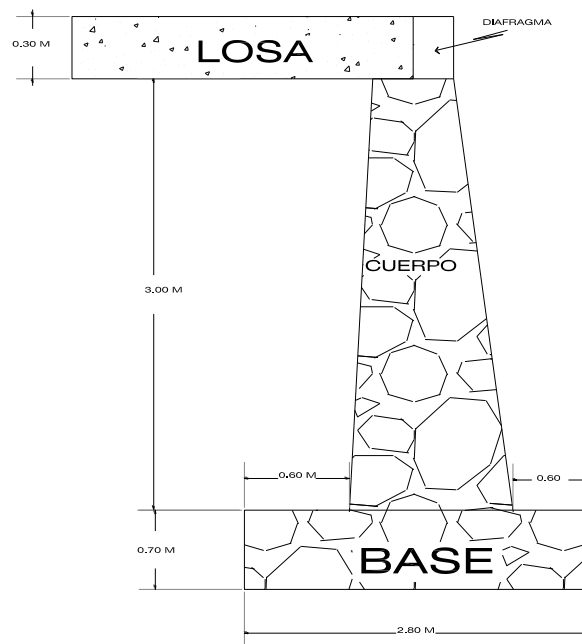


Imagen 5.15.- Muro de contención para alcantarilla tipo A.

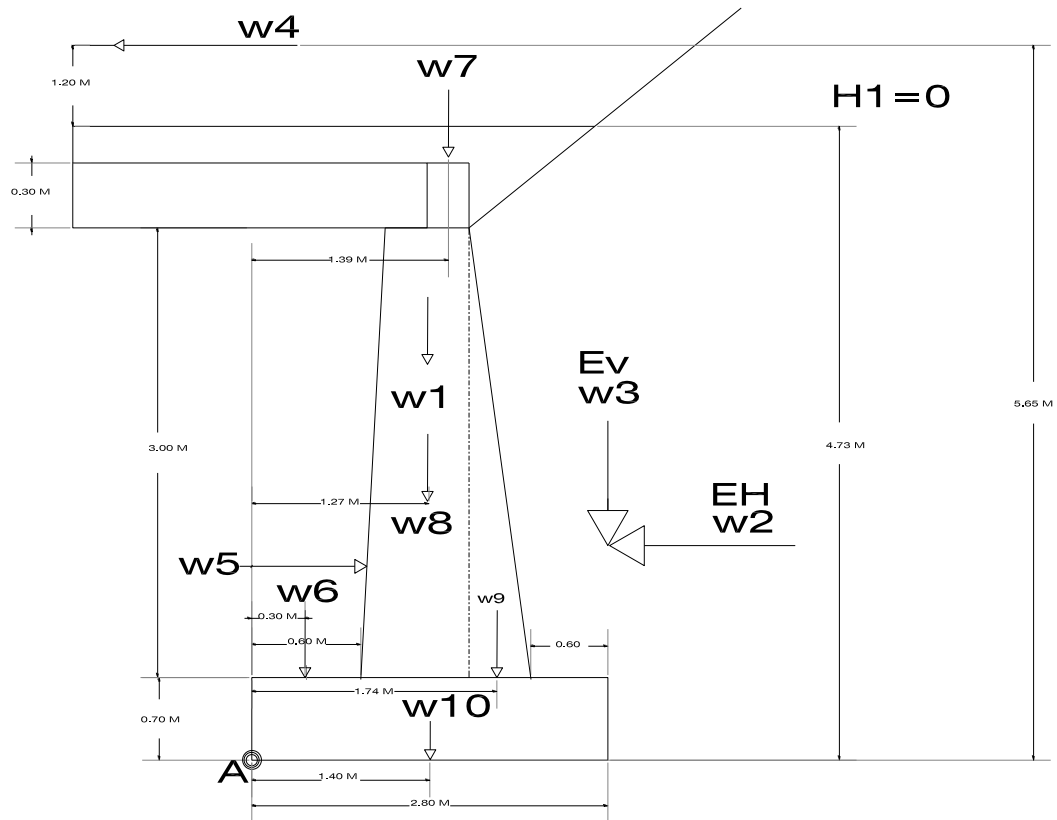


Imagen 5.16.- Fuerzas y brazos para momentos en muro de contención tipo A.

El muro de contención antes descrito y calculado en el (anexo B): Cumple con factores de seguridad, como por volteo y deslizamiento de igual forma por capacidad de carga del terreno, por lo que se justifica para proponerlo a lo largo de la alcantarilla.

Los aleros para alcantarilla 1 al igual que los muros de contención son de mampostería (piedra braza con junta de mortero), y tiene las siguientes características y dimensiones ya calculadas en (anexo C): Cumple con factores de seguridad, como por volteo y deslizamiento de igual forma por capacidad de carga del terreno, por lo que se justifica para proponerlo a lo largo de la alcantarilla.

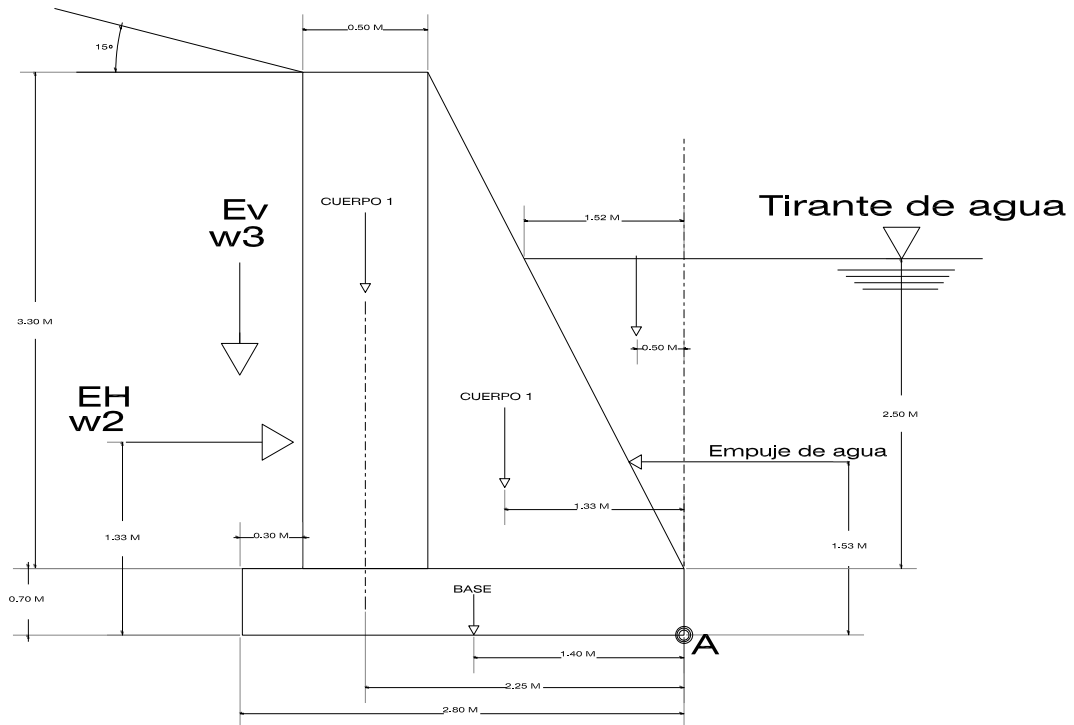


Imagen 5.17.- Fuerzas y brazos para momentos en alero.

Alcantarilla 2:

Revisión de la alcantarilla de losa ubicada en el Km. 4+951.28 que tiene la función de drenar el agua que se precipite en la cuenca 2 que tiene un área de 177.37 hectáreas, y también desalojar los gastos de agua que aportaran los tramos 7, 8 de las cunetas y la precipitación de la mitad del camino por bombeo como se mencionó anteriormente:

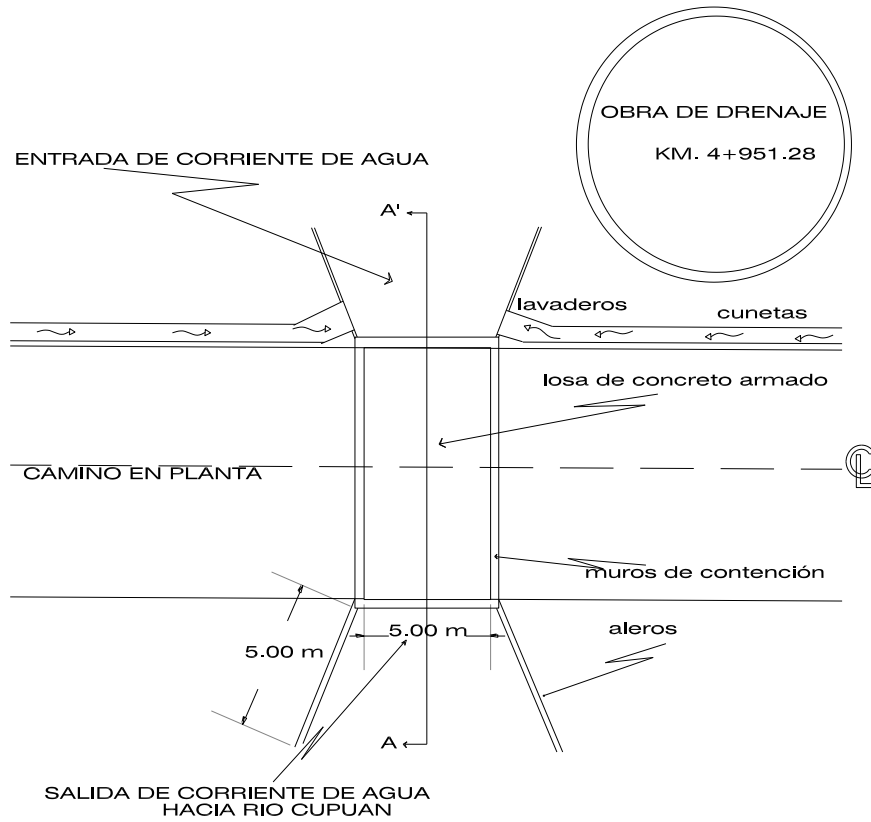


Imagen 5.18.- Localización y datos generales de la alcantarilla 2.

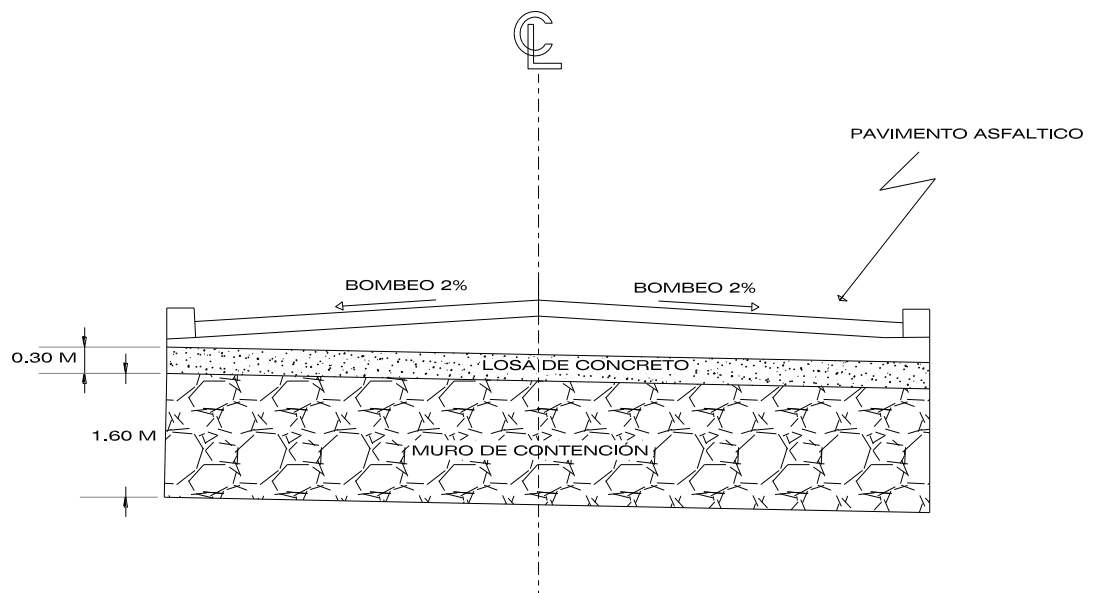


Imagen 5.19.- Corte longitudinal A-A' alcantarilla 2 Km. 4+951.28

El área hidráulica de la alcantarilla 2 será de $5.00 \times 1.60 = 8.00 \text{ m}^2$, el cálculo de la losa de la alcantarilla (anexo A), tiene las características y dimensiones siguientes:

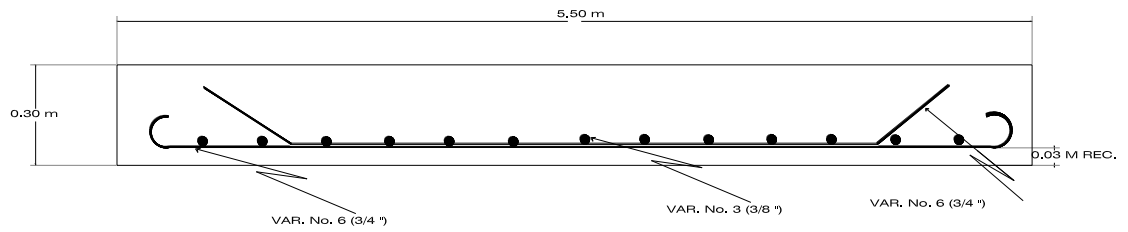


Imagen 5.20.- Armado de la losa (corte Lado Corto).

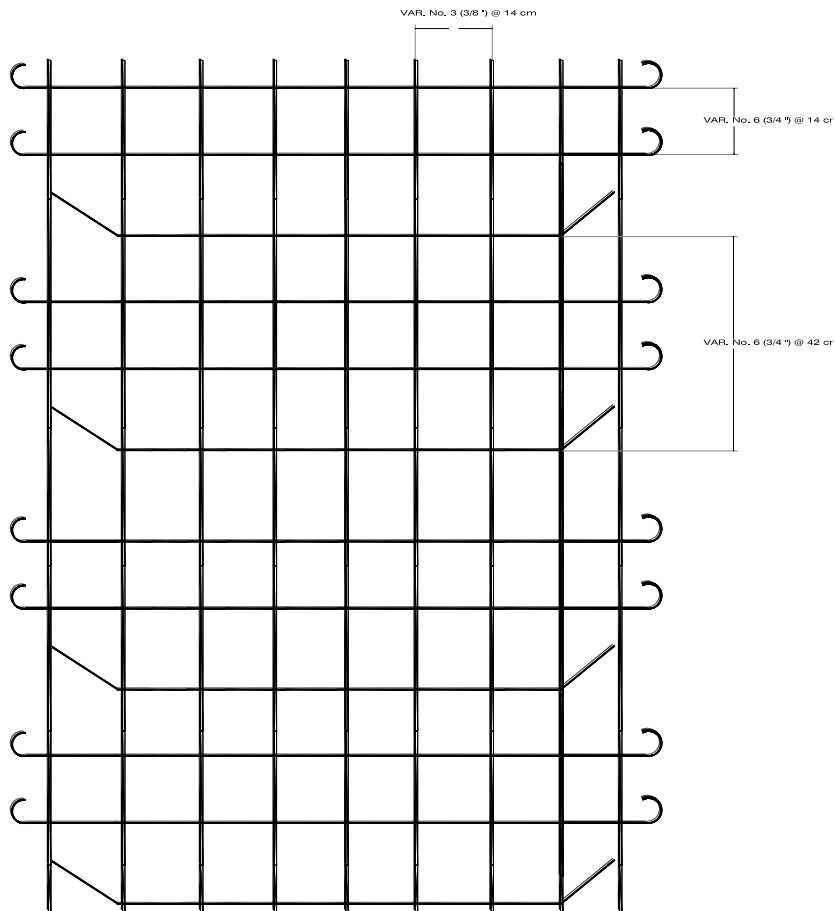


Imagen 5.21.- Armado de la losa (Planta).

La losa antes descrita y calculada en el (anexo A): Se revisaron las cargas vivas, cargas muertas que intervendrán, con un peralte de 30 centímetros de espesor que fue revisado por cortante y cumplió, llevara un armado de varilla del número 6 (3/4") a cada 14 centímetros en lado corto como se muestra en la imagen 5.21 y en lado largo varilla del número 3 (3/8") a cada 14 centímetros.

Al fondo de la alcantarilla se propone llevar un zampeado (piedra braza con junta de mortero) para evitar problemas de erosión en los muros de contención tipo A y con los muros aleros.

Los muros de contención que van a lo largo de la alcantarilla son de mampostería (piedra braza con junta de mortero), y tiene las siguientes características y dimensiones:

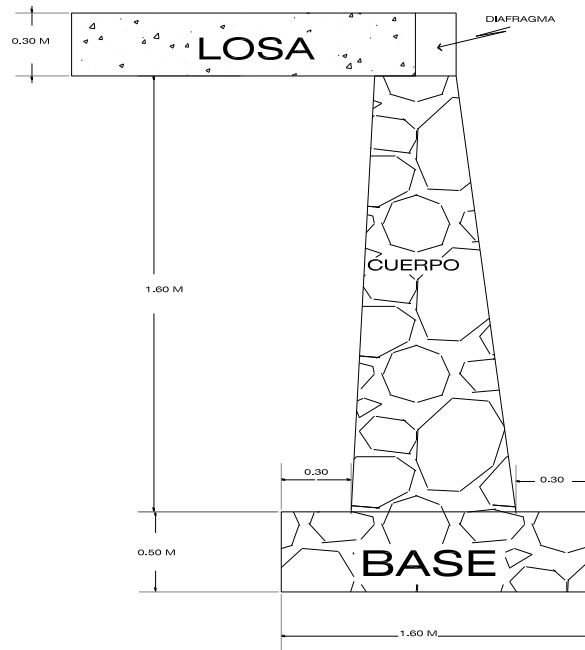


Imagen 5.22.- Muro de contención para alcantarilla tipo A.

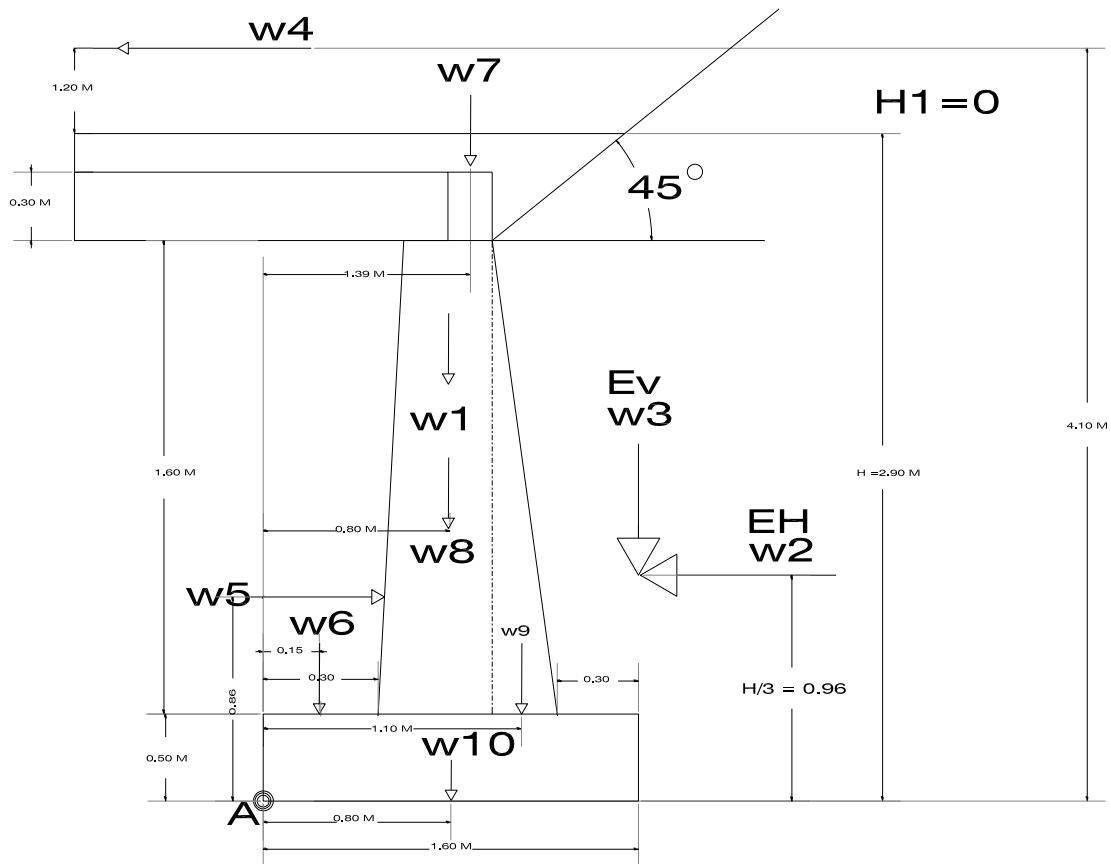


Imagen 5.23.- Fuerzas y brazos para momentos en muro de contención tipo A.

El muro de contención antes descrito y calculado en el (anexo B): Cumple con factores de seguridad, como por volteo y deslizamiento de igual forma por capacidad de carga del terreno, por lo que se justifica para proponerlo a lo largo de la alcantarilla 2.

Los aleros para alcantarilla 2 al igual que los muros de contención son de mampostería (piedra braza con junta de mortero), y tiene las siguientes características y dimensiones ya calculadas en (anexo C): Cumple con factores de seguridad, como por volteo y deslizamiento de igual forma por capacidad de carga del terreno, por lo que se justifica para proponerlo a lo largo de la alcantarilla.

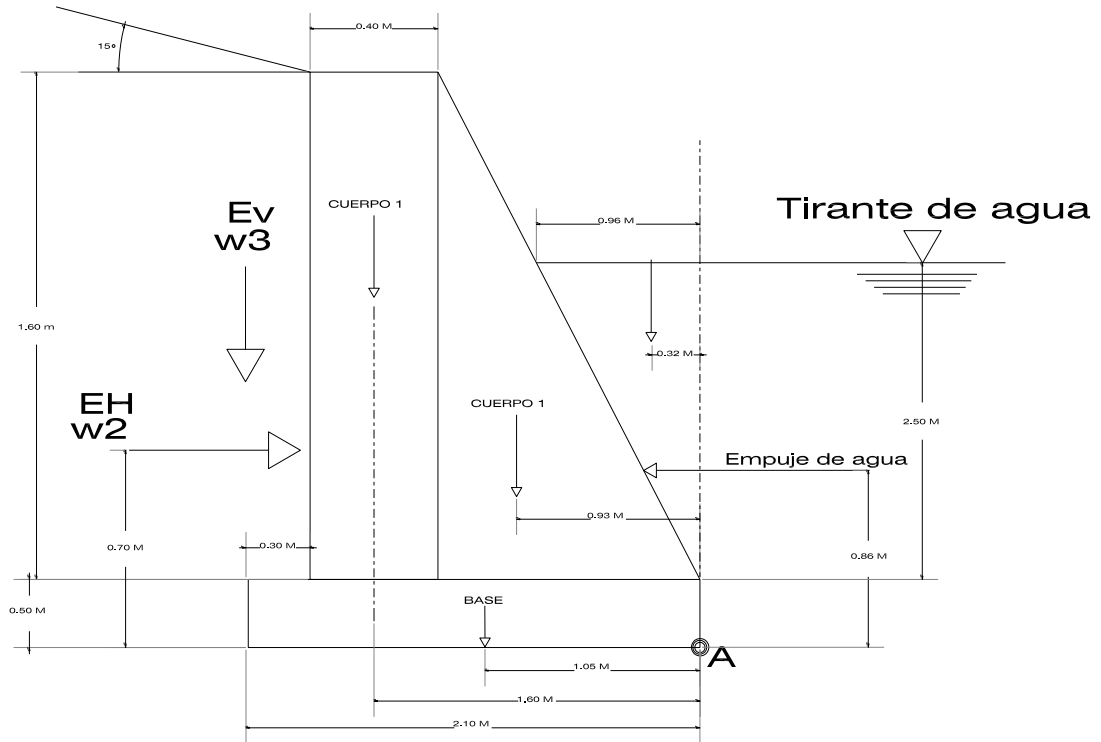


Imagen 5.24.- Fuerzas y brazos para momentos en aleros para alcantarilla 2.

5.7 Cálculo de las alcantarillas de tubo.

Se realizará la revisión de las alcantarillas de tubo que se encuentran ubicadas en los km 4+297.92, 4+417.93, 4+536.78.

Por lo tanto se utilizará el criterio de Talbot para obtener el área hidráulica del tubo que debe instalarse en la alcantarilla, para esto es necesario conocer el área de aportación para conocer el gasto de agua que entrara a la alcantarilla, para determinar el área de aportación fue necesario utilizar en la computadora el programa o software AutoCad.

➤ Alcantarilla de tubo 1, ubicación km. 4+297.92:

Utilizando la fórmula de Talbot

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

Donde:

C = 0.6 (Coeficiente de escurrimiento para terreno con lomerío).

A = 6.92 hectáreas.

$$S = 0.1832(0.6)\sqrt[4]{6.92^3} = 0.468 \text{ m}^2$$

Sumando al área obtenida un 25% por azolves:

$$0.46 \cdot 1.25 = 0.585 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

Despejando D:

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(0.585)}{\pi}} = 0.86 \text{ m}$$

Para la alcantarilla 1 se necesita un tubo de 0.86 m de diámetro, pero la SCT señala como 1.07 m como diámetro mínimo y como el tubo comercial 1.20 m de diámetro ADS (polietileno corrugado de alta densidad), se procede a proponerlo.

Los muros de cabeza son de mampostería (piedra braza con junta de mortero), y tiene las siguientes características y dimensiones:

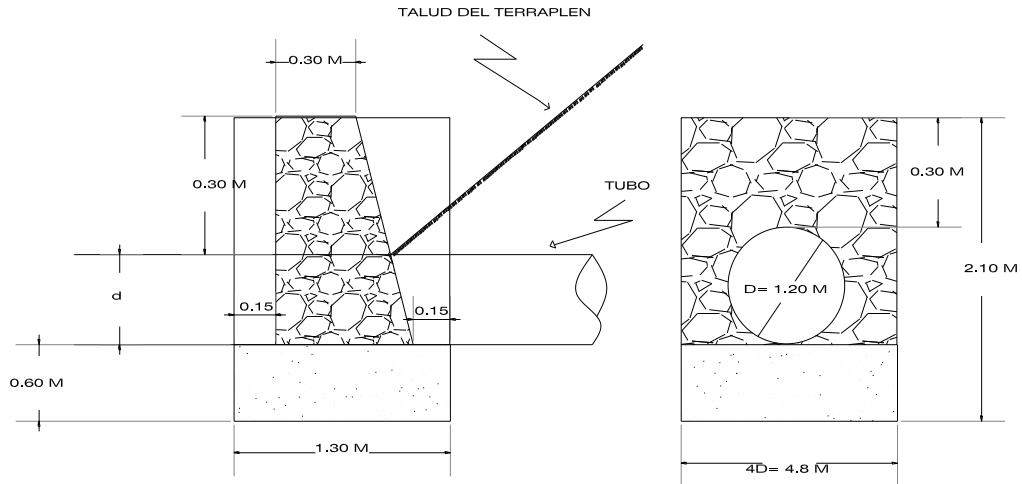


Imagen 5.25.- Muros de cabeza para alcantarilla de tubo 1.

Análisis de cargas vivas:

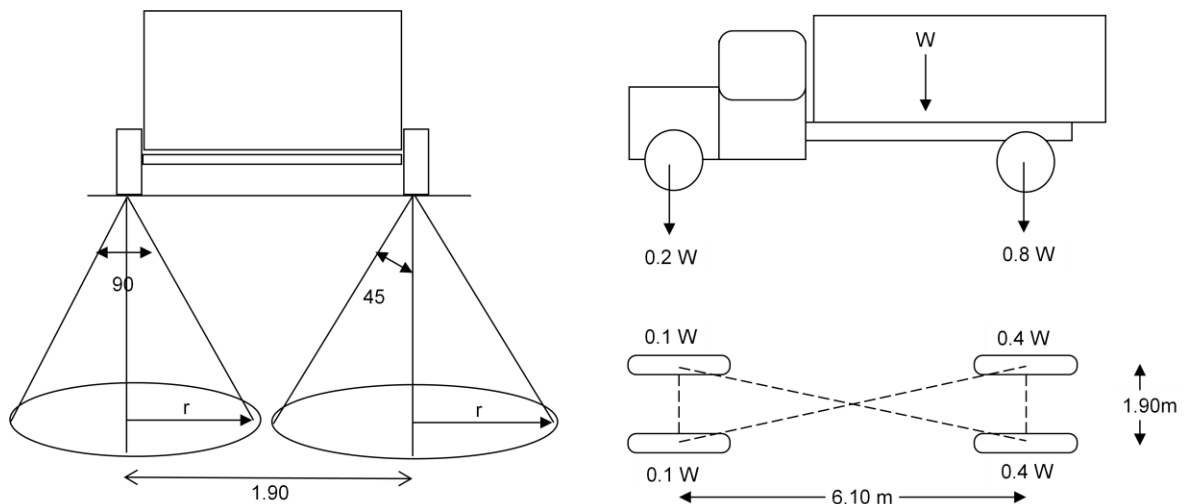


Imagen 5.26.-Vehículo C3 (SCT).

Largo = 6.10 m.

$$r = h = \frac{1.90}{2} = 0.95 \text{ m}$$

Ancho = 1.90 m.

Peso = 1800 kg.

El esfuerzo será:

$$S = \frac{P}{A}$$

Donde:

$P = 0.4 W$ (Carga de la rueda).

$A =$ Área de la base del cono de transmisión de esfuerzos.

$h =$ profundidad del cono de transmisión de esfuerzos.

$P = 0.4 (1800) = 7200 \text{ kg}$.

En la tabla 5.2 en función de h y de la carga viva se obtendrán los esfuerzos donde:

$h =$ Altura del terraplen en metros.

$S =$ Esfuerzo proporcionado por la carga viva (kg/cm^2).

$h' =$ Carga viva traducida a la altura del terraplen en metros, igual a S/y .

$d =$ Altura del terraplen + carga viva traducida a la altura del terraplen ($d=h+h'$).

Cálculo de la distancia a la que hay que dejar de multiplicar por 2.

$$L = \sqrt{1.90^2 + 6.10^2} = 6.389 \text{ m}$$

Peso volumétrico del suelo = $1600 \text{ kg}/\text{m}^3$

h, en metros	S = P/A, en Kg/m ²	h = S/γ, en metros.	d = h + h ₀ , en metros
0,500	9172,0	5,73	6,23
0,950	2540,7	1,59	2,54
1,000	4586,0	2,87	3,87
1,500	2038,2	1,27	2,77
2,000	1146,5	0,72	2,72
3,000	509,6	0,32	3,32
4,000	286,6	0,18	4,18
5,000	183,4	0,11	5,11
6,000	127,4	0,08	6,08
6,389	112,3	0,07	6,46
7,000	46,8	0,03	7,03

Tabla 5.2.- esfuerzos de h y carga viva.

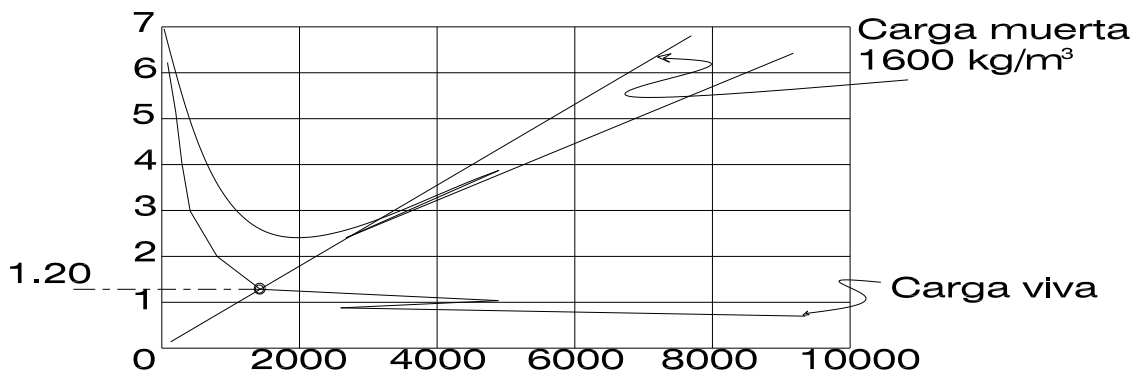


Imagen 5.27.- gráfica de esfuerzos de carga viva y carga muerta.

Se observa que las curvas de carga viva y muerta se cruzan en $h=1.20$ m, por lo tanto:

$$S = \frac{P}{A} = \frac{7200}{\pi * h^2} = \frac{7200}{\pi(1.20)^2} = 1592.92 \text{ kg/m}^2$$

Para 1.20 m se tiene una carga distribuida de $1592.92 \text{ kg/m}^2 < 12550.2 \text{ kg/m}^2$ carga resistente del tubo ADS por lo tanto se acepta el tubo a flexión con un colchón de 1.20 m para las alcantarilla 1.

➤ Alcantarilla de tubo 2, ubicación km. 4+417.93:

Utilizando la fórmula de Talbot

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

Donde:

C = 0.6 (Coeficiente de escurrimiento para terreno con lomerío).

A = 3.339 hectáreas.

$$S = 0.1832(0.6)^4\sqrt{3.339^3} = 0.2715 \text{ m}^2$$

Sumando al área obtenida un 25% por azolves:

$$0.2715 * 1.25 = 0.339 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

Despejando D:

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(0.339)}{\pi}} = 0.66 \text{ m}$$

Para la alcantarilla 2 se necesita un tubo de 0.66 m de diámetro, pero la SCT señala como 1.07 m como diámetro mínimo y como el tubo comercial 1.20 m de diámetro ADS (polietileno corrugado de alta densidad), se procede a proponerlo.

Los muros de cabeza son de mampostería (piedra braza con junta de mortero), y tiene las siguientes características y dimensiones:

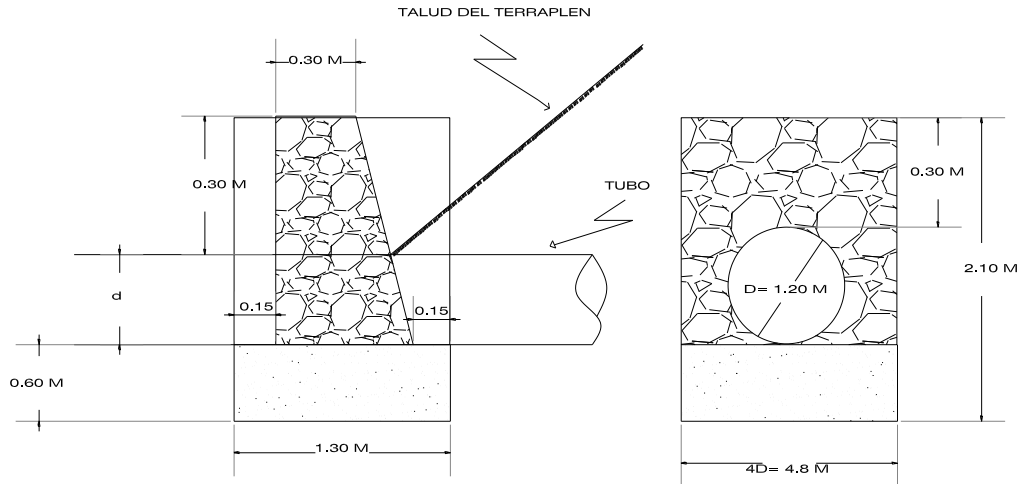


Imagen 5.28.- Muros de cabeza para alcantarilla de tubo 2.

Análisis de cargas vivas:

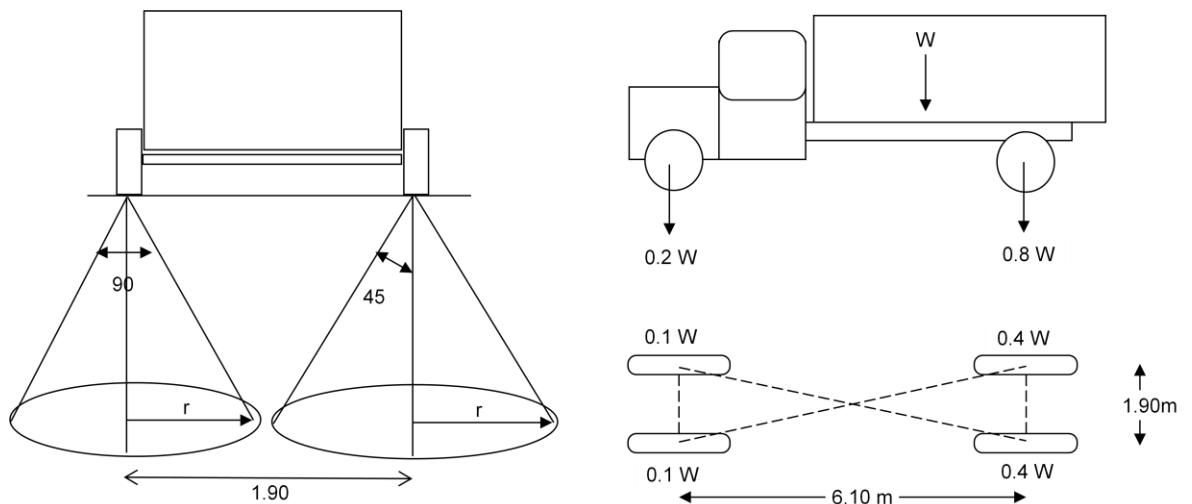


Imagen 5.29.-Vehículo C3 (SCT).

Largo = 6.10 m.

$$r = h = \frac{1.90}{2} = 0.95 \text{ m}$$

Ancho = 1.90 m.

Peso = 1800 kg.

El esfuerzo será:

$$S = \frac{P}{A}$$

Donde:

$P = 0.4 W$ (Carga de la rueda).

$A =$ Área de la base del cono de transmisión de esfuerzos.

$h =$ profundidad del cono de transmisión de esfuerzos.

$P = 0.4 (1800) = 7200$ kg.

En la tabla 5.3 en función de h y de la carga viva se obtendrán los esfuerzos donde:

$h =$ Altura del terraplen en metros.

$S =$ Esfuerzo proporcionado por la carga viva (kg/cm^2).

$h' =$ Carga viva traducida a la altura del terraplen en metros, igual a S/y .

$d =$ Altura del terraplen + carga viva traducida a la altura del terraplen ($d=h+h'$).

Cálculo de la distancia a la que hay que dejar de multiplicar por 2.

$$L = \sqrt{1.90^2 + 6.10^2} = 6.389 \text{ m}$$

Peso volumétrico del suelo = $1600 \text{ kg}/\text{m}^3$

h, en metros	S = P/A, en Kg/m ²	h = S/γ, en metros.	d = h + h ₀ , en metros
0,500	9172,0	5,73	6,23
0,950	2540,7	1,59	2,54
1,000	4586,0	2,87	3,87
1,500	2038,2	1,27	2,77
2,000	1146,5	0,72	2,72
3,000	509,6	0,32	3,32
4,000	286,6	0,18	4,18
5,000	183,4	0,11	5,11
6,000	127,4	0,08	6,08
6,389	112,3	0,07	6,46
7,000	46,8	0,03	7,03

Tabla 5.3.- esfuerzos de h y carga viva.

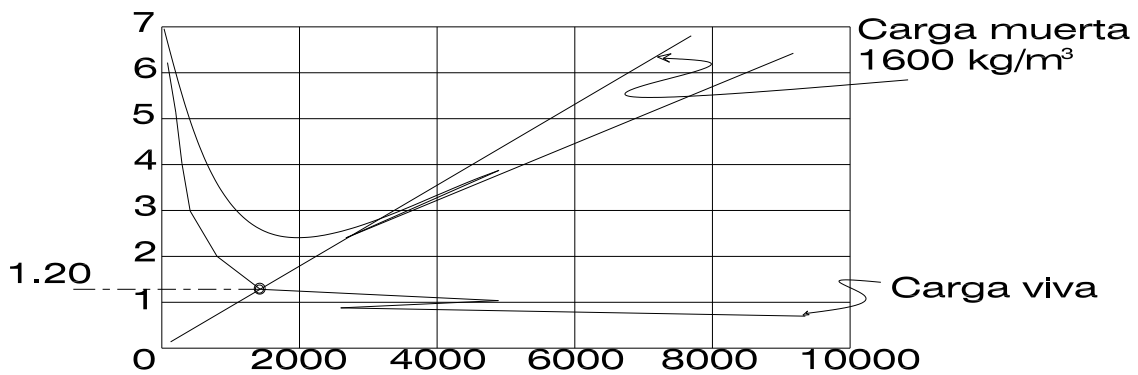


Imagen 5.30.- gráfica de esfuerzos de carga viva y carga muerta.

Se observa que las curvas de carga viva y muerta se cruzan en $h=1.20$ m, por lo tanto:

$$S = \frac{P}{A} = \frac{7200}{\pi * h^2} = \frac{7200}{\pi(1.20)^2} = 1592.92 \text{ kg/m}^2$$

Para 1.20 m se tiene una carga distribuida de $1592.92 \text{ kg/m}^2 < 12550.2 \text{ kg/m}^2$ carga resistente del tubo ADS por lo tanto se acepta el tubo a flexión con un colchón de 1.20 m para la alcantarilla ubicada en el km. 4+417.93 numero 2.

- Alcantarilla de tubo 3, ubicación km. 4+536.78:

Utilizando la fórmula de Talbot

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

Donde:

C = 0.6 (Coeficiente de escurrimiento para terreno con lomerío).

A = 5.923 hectáreas.

$$S = 0.1832(0.6)\sqrt[4]{5.923^3} = 0.4173 \text{ m}^2$$

Sumando al área obtenida un 25% por azolves:

$$0.4173 * 1.25 = 0.5216 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

Despejando D:

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(0.5217)}{\pi}} = 0.81 \text{ m}$$

Para la alcantarilla 3 se necesita un tubo de 0.81 m de diámetro, pero la SCT señala como 1.07 m como diámetro mínimo y como el tubo comercial 1.20 m de diámetro ADS (polietileno corrugado de alta densidad), se procede a proponerlo.

Los muros de cabeza son de mampostería (piedra braza con junta de mortero), y tiene las siguientes características y dimensiones:

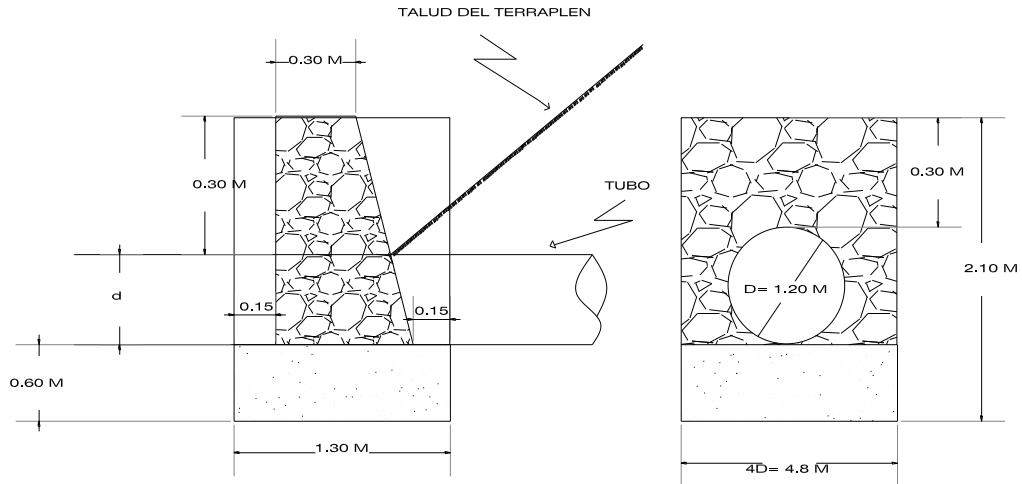


Imagen 5.31.- Muros de cabeza para alcantarilla de tubo 3.

Análisis de cargas vivas:

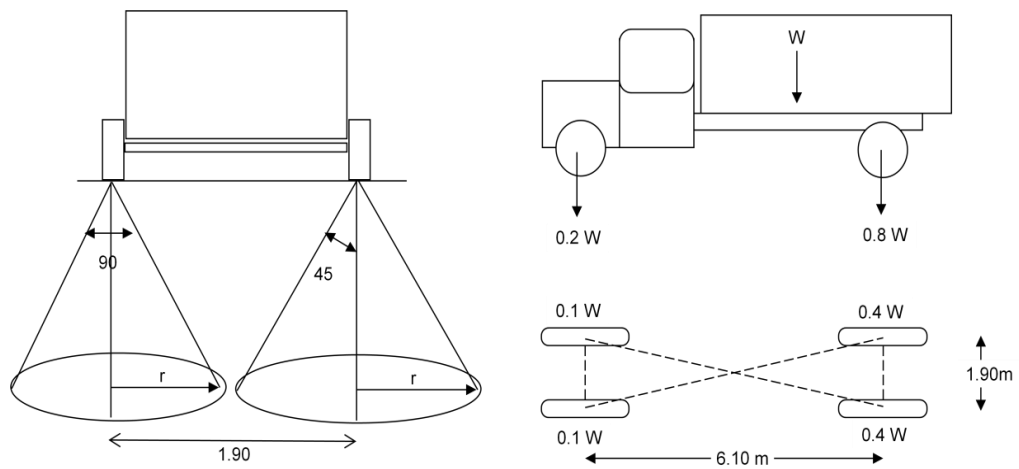


Imagen 5.32.-Vehículo C3 (SCT).

Largo = 6.10 m.

$$r = h = \frac{1.90}{2} = 0.95 \text{ m}$$

Ancho = 1.90 m.

Peso = 1800 kg.

El esfuerzo será:

$$S = \frac{P}{A}$$

Donde:

$P = 0.4 W$ (Carga de la rueda).

$A =$ Área de la base del cono de transmisión de esfuerzos.

$h =$ profundidad del cono de transmisión de esfuerzos.

$P = 0.4 (1800) = 7200 \text{ kg}$.

En la tabla 5.4 en función de h y de la carga viva se obtendrán los esfuerzos donde:

$h =$ Altura del terraplen en metros.

$S =$ Esfuerzo proporcionado por la carga viva (kg/cm^2).

$h' =$ Carga viva traducida a la altura del terraplen en metros, igual a S/y .

$d =$ Altura del terraplen + carga viva traducida a la altura del terraplen ($d=h+h'$).

Cálculo de la distancia a la que hay que dejar de multiplicar por 2.

$$L = \sqrt{1.90^2 + 6.10^2} = 6.389 \text{ m}$$

Peso volumétrico del suelo = $1600 \text{ kg}/\text{m}^3$

h, en metros	S = P/A, en Kg/m ²	h = S/γ, en metros.	d = h + h _s , en metros
0,500	9172,0	5,73	6,23
0,950	2540,7	1,59	2,54
1,000	4586,0	2,87	3,87
1,500	2038,2	1,27	2,77
2,000	1146,5	0,72	2,72
3,000	509,6	0,32	3,32
4,000	286,6	0,18	4,18
5,000	183,4	0,11	5,11
6,000	127,4	0,08	6,08
6,389	112,3	0,07	6,46
7,000	46,8	0,03	7,03

Tabla 5.4.- esfuerzos de h y carga viva.

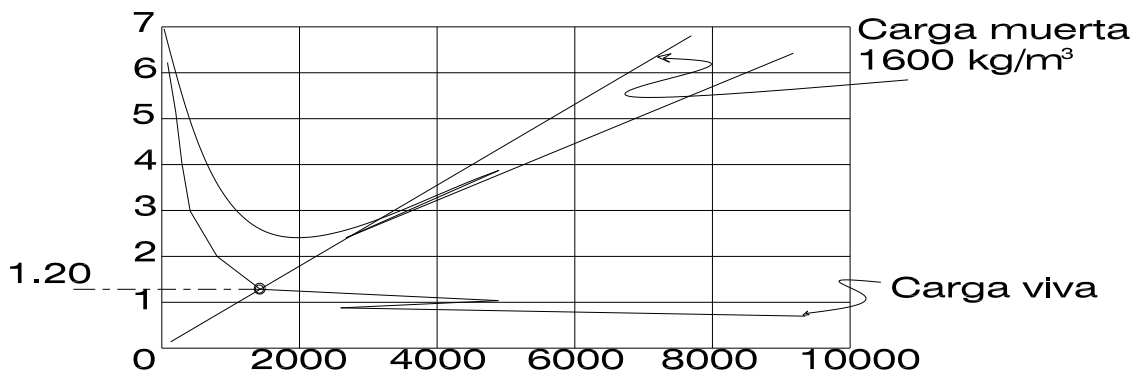


Imagen 5.33.- gráfica de esfuerzos de carga viva y carga muerta.

Se observa que las curvas de carga viva y muerta se cruzan en $h=1.20$ m, por lo tanto:

$$S = \frac{P}{A} = \frac{7200}{\pi * h^2} = \frac{7200}{\pi(1.20)^2} = 1592.92 \text{ kg/m}^2$$

Para 1.20 m se tiene una carga distribuida de $1592.92 \text{ kg/m}^2 < 12550.2 \text{ kg/m}^2$ carga resistente del tubo ADS por lo tanto se acepta el tubo a flexión con un colchón de 1.20 m para la alcantarilla ubicada en el km. 4+536.78 numero 3.

5.8 Análisis comparativo.

El análisis consiste en la comparación de los datos obtenidos en esta investigación con los datos del proyecto original y este a su vez con lo que dice la teoría, para determinar si el sistema de drenaje del tramo carretero Cupuancillo – La Peña cumple con las características necesarias para dar un buen nivel de servicio.

En la revisión de las cunetas se determino usar la cuneta tipo que establece la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) la cual tiene la capacidad de desalojar un gasto de $0.2158 \text{ m}^3/\text{segundo}$, el proyecto presenta cunetas con las mismas características y dimensiones que la cuneta tipo de la SCT por lo que no existe ningún problema para drenar el gasto que se presenta de $0.0022 \text{ m}^3/\text{segundo}$ y por lo tanto no existe inconveniente, pero existe el problema en las cunetas que es de mantenimiento o conservación del camino, ya que presentan gran cantidad de azolves, material producto de la erosión de los taludes de corte y esto no permite que las cunetas tengan un buen funcionamiento.

El proyecto no presenta contracunetas por lo que fue necesario revisar la topografía del terreno, y la revisión determino que la pendiente del terreno es paralela a la del camino y por otra parte el terreno es lomerío suave por lo que es innecesario realizar contracunetas ya que el agua correrá paralela al camino.

Según SCT el bombeo en caminos asfaltados debe de ser del 2%, ya que con esta pendiente es suficiente para desalojar el agua que pueda entrar al camino, el proyecto en las secciones cumple con esta característica y coinciden con la pendiente que solicita la SCT por lo que no existe ningún problema en este tema.

Para el caso de los lavaderos el proyecto presenta 8 que descargan dentro de las alcantarillas por lo que al realizar la revisión y verificar el gasto que es de 0.0022 m³/segundo, se determino que son suficientes para drenar este gasto de agua que en realidad es pequeño por lo que no existe ningún inconveniente en este tema.

Para el análisis de las alcantarillas de losa primeramente se reviso el área hidráulica, esto con la cuenca de aportación para conocer el máximo gasto de agua que pueda entrar, por lo que al realizar la revisión se observo que el área hidráulica que presentan las alcantarillas de losa de proyecto es insuficiente, por lo que fue necesario realizar una nueva visita al lugar para verificar si realmente tienen ese problema en la sección, al realizar la revisión física se verifico que si presentan problemas de acumulamiento de material o azolves al entrada de la alcantarilla o aguas arriba esto por falta de área que como lo marca la SCT dejar un bordo libre para este material y en la misma alcantarilla pero a la salida o aguas abajo se tienen problemas de erosión en el zampeado, debido a esto se realizó el cálculo de las alcantarillas de losa con los datos de las aportaciones de las cuencas en estudio y se determinaron los elementos que componen dichas alcantarillas como fueron las losas con un peralte de 30 centímetros de espesor que pasaron por flexión y un armado con varilla del numero 6 ($\frac{3}{4}$ ") a cada 14 centímetros para lado corto y para lado largo varilla del numero 3 ($\frac{3}{8}$ ") a cada 14 centímetros, y los muros de contención y aleros que pasaron satisfactoriamente por volteo, deslizamiento y capacidad de carga.

En el caso de las alcantarillas de tubo de acuerdo a la área de aportación se determino el diámetro de tubería, el cálculo determino utilizar tubería ADS de 1.20 m

de diámetro por lo que al realizar la comparativa con las alcantarillas de proyecto se pude observar que se utilizaron alcantarillas con tubo de 91 cm de diámetro por lo que es insuficiente el área hidráulica de estas alcantarillas, para verificar si realmente tenían ese problema se realizó una nueva visita al sitio y se verifico que realmente es necesario tubería de 1.20 m de diámetro ya que las existentes presentaban problemas, como es la cantidad de material atorado en la entrada de la alcantarilla por la deficiente área del tubo por lo que se puede determinar que el diámetro de proyecto es insuficiente para que las alcantarillar puedan realizar su trabajo y garantizar un buen funcionamiento del sistema de drenaje del tramo carretero Cupuancillo – La Peña.

CONCLUSIONES

Es de gran importancia la presencia de un camino en una comunidad, sin duda es una revolución en la forma de vida de los habitantes de esa región, facilita la introducción de servicios educativos, salud, asistencia social que incorporan esta región al desarrollo.

El objetivo principal de la presente investigación fue revisar el sistema de drenaje del tramo carretero Cupuancillo – La Peña, del km 4+000 al 5+000 y poder dar un buen veredicto del sistema de drenaje existente, si realmente cumple con las características principales de un sistema de drenaje y si realmente brinda un buen nivel de servicio, realizando una serie de investigaciones, cálculos y obtención de varios resultados puede decirse que el objetivo de la revisión del sistema de drenaje se ha cumplido, se encontraron algunas cuestiones no del todo bien, por lo que se puede decir que el drenaje no brinda un nivel de servicio como se quisiera principalmente en las alcantarillas, la insuficiente área hidráulica que presentan las alcantarillas reducen el correcto funcionamiento del sistema de drenaje y repercute en la reducción de la vida útil de la estructura.

A lo largo de la investigación se contestaron varias preguntas que al principio se cuestionaban como:

¿Qué es una carretera?

Sabemos que en la antigüedad los caminos actuales eran veredas que formaron con las caminatas que realizaban las personas al trasladarse de un lugar a

otro, en la actualidad se puede decir que las carreteras tienen el mismo objetivo solo que ahora las carreteras son caminos formados por una faja de terreno acondicionado para el tránsito de vehículos y pueden estar revestidos o pavimentados.

¿En qué medida beneficia un sistema de drenaje a una carretera?

Sabemos que el principal enemigo de un camino es el agua, uno de los principales objetivos de un sistema de drenaje en los caminos es de no permitir la llegada de agua a la carretera y desalojar lo más rápido posible la que llegue a entrar y se verá beneficiada en el aumento del nivel de servicio que pueda brindar y en la estabilidad propia de la estructura.

¿Qué elementos constituyen un sistema de drenaje?

Los elementos principales que forman un sistema de drenaje para una carretera son:

- las cunetas y contracunetas que su función es no permitir la entrada de agua por escurrimiento a la faja de camino.
- el bombeo que su función es drenar el agua del camino hacia las cunetas.
- los lavaderos que drenan el agua de las cunetas fuera del camino o hacia alguna alcantarilla.

- las alcantarillas que permiten el cruce de corrientes de aguas y pueden ser de diferentes tipos como alcantarillas de tubo, losa, bóveda.
- Puentes su función es la misma que el de las alcantarillas solo que este se denomina puente cuando su claro es mayor de 6 metros.

¿Qué daños sufre la carretera sin un sistema de drenaje?

Para que una vía carretera pueda brindar un buen nivel de servicio es necesario que tenga un sistema de drenaje, que sea capaz de reducir a lo mínimo la circulación del agua por la carretera, ya que el agua es capaz de destruir la carpeta provocando baches, por lo tanto es necesario que esta agua circule por las cunetas, para que no ocurran estancamientos de agua y puedan dañar las terracerías y poniendo en riesgo la estabilidad propia del camino.

¿Un buen sistema de drenaje afecta en la vida útil de la carretera?

Un buen sistema de drenaje permite que el agua circule por determinados lugares del camino sin interferir en la funcionalidad y operación del mismo aumentando la estabilidad y vida útil de la carretera.

Durante el proceso de investigación se aprendió a realizar los cálculos de los elementos que forman un sistema de drenaje se obtuvieron conocimientos teóricos del reglamento de la SCT para sistemas de drenaje, la gran importancia que tiene en un camino, las características y materiales recomendables en su construcción.

BIBLIOGRAFÍA

Aparicio Mijares, Francisco Javier (1993)
Fundamentos de hidrología de superficie
Editorial Limusa, México.

Arias Rivera, G. Carlos; Meza Reyna, Jorge L. (1984)
Cuaderno de trabajo de comportamiento de suelos
Editorial UNAM, Facultad de Ingeniería Civil, México.

Crespo Villalaz, Carlos (2005)
Vías de comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos
Editorial Limusa, 3ª Edición, México.

Hay, William W. (1961)
Ingeniería de transporte
Editorial Limusa, México.

Hernández Sampieri, Roberto (2005)
Metodología de la investigación
Editorial McGraw-Hill, México.

Manual de (1993)
Mantenimiento de obras civiles
CFE

Manual de proyecto (1974)

Geométrico de carreteras

SCT

Mendieta Alatorre, Ángeles (2005)

Métodos de investigación y manual académico

Editorial Porrúa, México.

Mier S., José Alfonso (1987)

Introducción a la ingeniería de caminos

UMNSH

Monsalve Sáenz, Germán (1999)

Hidrología en la Ingeniería

Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería 2ª edición.

Olivera Bustamante, Fernando (2006)

Estructuración de vías terrestres

Editorial continental 2ª edición, México.

Sánchez Arriaga, José Alberto; Arellano Naranjo, José Luis (2002)

Diseño de drenaje pluvial en el sector centro-sur de la ciudad de Uruapan, Mich.

Tesis, licenciatura, Ingeniería Civil, Universidad Don Vasco, Uruapan.

Sotelo A., Gilberto (1973)

Drenaje en carreteras y aeropuertos

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

Tamayo y Tamayo, Mario (2000)
El proceso de la investigación científica
Editorial Limusa, México.

Wright, Paul H. (1993)
Introducción a la Ingeniería
Editorial Limusa, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

Información, datos estadísticos y referencias sobre el estado de Michoacán.

<http://www.conapo.gob.mx/00cifras/proyecta50/16.xls>

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

<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/mich/geolo.cfm?c=444&e>

Información general del estado de Michoacán.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Michoac%C3%A1n>

http://es.wikipedia.org/wiki/Geograf%C3%ADa_de_Michoac%C3%A1n

Información general del municipio de La Huacan.

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

ANEXO A.- Cálculo de losas para alcantarilla.

➤ Losa de alcantarilla 1.

Ancho = 5 metros.

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

Longitud= 1 metro (como viga ancha).

Cálculo de la carga muerta (Cm).

$$\text{Losa} \quad 1*0.30*2400 \quad = 7200 \text{ kg/m}$$

$$\text{Guarnición} \quad 0.25*0.15*2200 \quad = 66 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carpeta} \quad 1*20*5 \quad = 100 \text{ kg/m}$$

$$\text{Colchón} \quad 1*0.35*1600 \quad = 560 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma = \quad 1446 = 1.446 \text{ tn/m}$$

Momento Cm.

$$M_c m = \frac{1.446*5^2}{8} = 4.52 \text{ tn-m}$$

Momento Cm que soportara cada metro de ancho de losa.

$$M_{cm} = 4.52 \text{ ton-m /m.}$$

Fuerza cortante

$$V_{cm} = \frac{1.446 * 5}{2} = 3.615 \text{ ton.}$$

Carga viva (Cv).

Vehículo T3- S3 = W = 49603.27 lb = 22485.16 kg.

Carga de la rueda

P = 0.4W = 8994.06 kg.

r = h = 0.915 mt. $S = \frac{P}{A} = 3419.50 \text{ kg/m}^2$

Por lo tanto:

Carga = 3419.50 kg /m²

Carga X metro = 3419.50 kg/m

Al centro que es el área más desfavorable

P = 3419.50*5 = 17097.51 kg.

$$Mcv = \frac{W12}{8}$$

$$\left(\left(\left(\frac{17097.51/1000}{2} \right) * \left(\frac{5}{2} \right) \right) \right) / 2 =$$

$$Mcv = \frac{W12}{8} = 10.685 \text{ ton} - m$$

Momento que soportara cada metro de calzada de carga móvil.

Mcv = 10.685 ton m-m/m

Momento por impacto = 30% Cv

Im = 10685*0.30 = 3.206 ton m-m/m

Suma de momento Cv + Im = 10.685 + 3.206 = 13.892 ton m-m/m

Momento total Cm + Cv

13.892 + 4.52 = 18.410 tn /m-m

Calculo del peralte armado.

$d_{\min} = 27$ centímetros.

Peralte de la losa $d_{\min} + 3$ cm. Recubrimiento = 30 centímetros.

$$M_u = M * 1.4$$

$$18.410 * 1.4 = 25.774 \text{ ton-m}$$

$$P = \frac{f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{\frac{2M_u}{F_r b d^2 f'_c}} \right]$$
$$P = \frac{170}{4200} \left[1 - \sqrt{\frac{25.774E-5}{0.7 * 100 * 27^2 * 170}} \right] = P_{\text{prec}} = 0.011$$

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

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

$$P_{\min} = 0.7 \frac{\sqrt{250}}{f_y} = 0.7 \frac{\sqrt{250}}{4200} =$$

$$F_r = 0.7$$

$$P_{\min} = 0.003$$

$$b = 100$$

$$d = 27 \text{ cm.}$$

$$P_{\max} = \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) \left(\frac{4800}{6000 + f_y} \right) 0.75 =$$

$$f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{\max} = 0.014$$

Por lo tanto:

$$P_{\max} < P_{\text{prec}} < P_{\max} \text{ si cumple}$$

Área de acero requerida

$$A_s = P_{\text{bd}} = 0.011 * 1 * 100 * 27 =$$

$$A_s = 29.7 \text{ cm}^2$$

Separación de las barras.-

Se propone varilla del número 6 (3/4") con un $a_o = 2.85 \text{ cm}^2$

$$S_b = \frac{100 a_o}{A_s} = \frac{100 * 2.85}{29.7} = 9.59 \text{ cm.}$$

Se pueden poner a 14 cm.

$$S_{\min} = 6 \text{ cm.}$$

$$S_{\max} = \text{menos de } 50 \text{ cm.}$$

Revisión por cortante:

$$V_{max} * 1.4 = 3.615 * 1000 * 1.4 = 5061 \text{ kg.}$$

$$V_{cr} = 0.5 f_r b d \sqrt{f * c}$$

$$V_{cr} = 15273.506 \text{ kg}$$

Por lo tanto:

$$V_{cr} > V_u \text{ se acepta el peralte}$$

Determinar el acero para el otro sentido

$$\text{Var. No. 3 (3/8") con un } a_0 = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$A_s = P_b d = 0.003 * 100 * 27 = 8.10 \text{ cm}^2$$

Separación de las barras.-

$$\text{Se propone varilla del numero 3 (3/8") con un } a_0 = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$S_b = \frac{100 a_0}{A_s} = \frac{100 * 0.71}{8.10} = 8.76 \text{ cm.}$$

Se pueden poner a 14 cm.

$$S_{min} = 6 \text{ cm.}$$

$$S_{max} = \text{menos de } 50 \text{ cm.}$$

Croquis de armado:

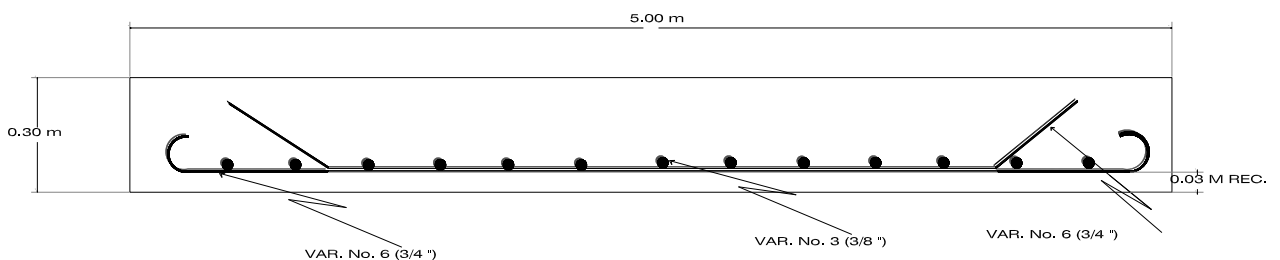


Imagen1.- Armado de losa (lado corto).

Como se cálculo como viga ancha el armado será a lo largo de la alcantarilla.

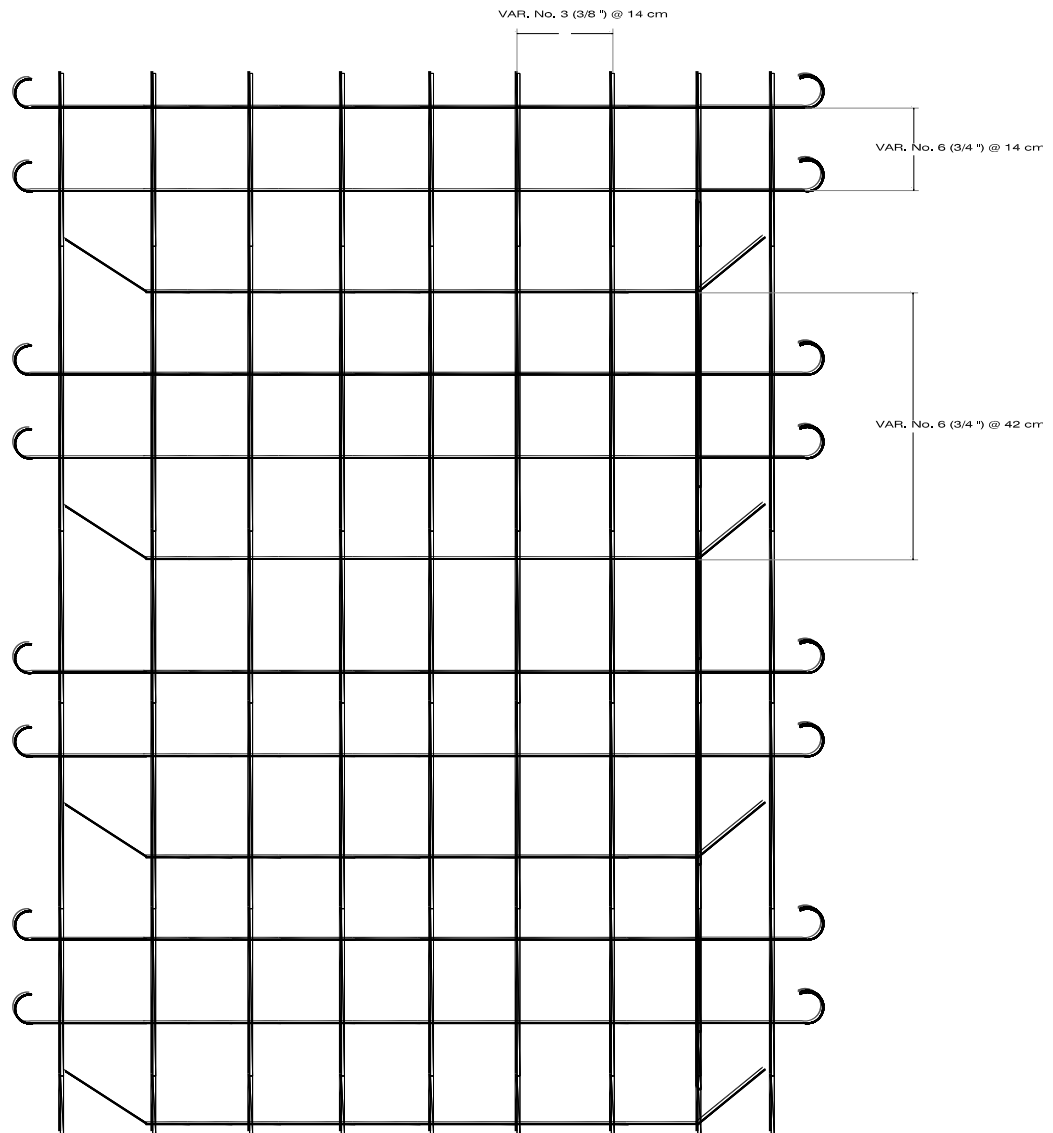


Imagen 2.- Armado de losa y separación de las barras (en planta) para alcantarilla 1.

➤ **Losa de alcantarilla 2.**

Ancho = 5.5 metros.

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

Longitud= 1 metro (como viga ancha).

Cálculo de la carga muerta (Cm).

$$\text{Losa} \quad 1*0.30*2400 \quad = 7200 \text{ kg/m}$$

$$\text{Guarnición} \quad 0.25*0.15*2200 \quad = 66 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carpeta} \quad 1*20*5.5 \quad = 110 \text{ kg/m}$$

$$\text{Colchón} \quad 1*0.35*1600 \quad = 560 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma = \quad 1456 = 1.456 \text{ tn/m}$$

Momento Cm.

$$M_{cm} = \frac{1.456*5.5^2}{8} = 5.51 \text{ tn-m}$$

Momento Cm que soportara cada metro de ancho de losa.

$$M_{cm} = 5.51 \text{ ton-m /m.}$$

Fuerza cortante

$$V_{cm} = \frac{1.456 * 5.5}{2} = 4.00 \text{ ton.}$$

Carga viva (Cv).

$$\text{Vehículo T3- S3} = W = 49603.27 \text{ lb} = 22485.16 \text{ kg.}$$

Carga de la rueda

$$P = 0.4W = 8994.06 \text{ kg.}$$

$$r = h = 0.915 \text{ mt.} \quad S = \frac{P}{A} = 3419.50 \text{ kg/m}^2$$

Por lo tanto:

$$\text{Carga} = 3419.50 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga X metro} = 3419.50 \text{ kg/m}$$

Al centro que es el área más desfavorable

$$P = 3419.50 * 5.5 = 18807.25 \text{ kg.}$$

$$M_{cv} = \frac{W12}{8}$$

$$\left(\left(\left(\frac{18807.25/1000}{2} \right) * \left(\frac{5.5}{2} \right) \right) / 2 \right) =$$

$$M_{cv} = \frac{W12}{8} = 12.929 \text{ ton - m}$$

Momento que soportara cada metro de calzada de carga móvil.

$$M_{cv} = 12.93 \text{ ton m-m/m}$$

$$\text{Momento por impacto} = 30\% C_v$$

$$I_m = 12.93 * 0.30 = 3.879 \text{ ton m-m/m}$$

$$\text{Suma de momento } C_v + I_m = 12.93 + 3.879 = 16.809 \text{ ton m-m/m}$$

Momento total Cm + Cv

$$16.809 + 5.51 = 22.319 \text{ tn /m-m}$$

Calculo del peralte armado.

$$d_{\text{min}} = 27 \text{ centímetros.}$$

$$\text{Peralte de la losa } d_{\text{min}} + 3 \text{ cm. Recubrimiento} = 30 \text{ centímetros.}$$

$$M_u = M * 1.4$$

$$22.319 * 1.4 = 31.24 \text{ ton-m}$$

$$P = \frac{f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{\frac{2M_u}{F_r b d^2 f'_c}} \right] = P_{req} = 0.0136$$

$$F'_c = 170 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$P_{min} = 0.7 \frac{\sqrt{250}}{f_y} = 0.7 \frac{\sqrt{250}}{4200} =$$

$$F_r = 0.7$$

$$P_{min} = 0.003$$

$$b = 100$$

$$d = 27 \text{ cm.}$$

$$P_{max} = \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) \left(\frac{4800}{6000 + f_y} \right) 0.75 =$$

$$F'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{max} = 0.014$$

Por lo tanto:

$$P_{max} < P_{req} < P_{max} \text{ si cumple}$$

Área de acero requerida

$$A_s = P_{req} b d = 0.0136 * 100 * 27 =$$

$$A_s = 36.72 \text{ cm}^2$$

Separación de las barras.-

Se propone varilla del número 6 (3/4") con un $a_o = 2.85 \text{ cm}^2$

$$S_b = \frac{100 a_o}{A_s} = \frac{100 * 2.85}{36.72} = 7.76 \text{ cm.}$$

Se pueden poner a 14 cm.

$$S_{min} = 6 \text{ cm.}$$

$$S_{max} = \text{menos de } 50 \text{ cm.}$$

Revisión por cortante:

$$V_{max} * 1.4 = 4.00 * 1000 * 1.4 = 5600 \text{ kg.}$$

$$V_{cr} = 0.5 f_r b d \sqrt{f * c}$$

$$V_{cr} = 15273.506 \text{ kg}$$

Por lo tanto:

$$V_{cr} > V_u \text{ se acepta el peralte}$$

Determinar el acero para el otro sentido

Var. No. 3 (3/8") con un $a_0 = 0.71 \text{ cm}^2$

$$A_s = P_b d = 0.003 * 100 * 27 = 8.10 \text{ cm}^2$$

Separación de las barras.-

Se propone varilla del numero 3 (3/8") con un $a_0 = 0.71 \text{ cm}^2$

$$S_b = \frac{100 a_0}{A_s} = \frac{100 * 0.71}{8.10} = 8.76 \text{ cm.}$$

Se pueden poner a 14 cm.

$S_{min} = 6 \text{ cm.}$ $S_{max} = \text{menos de } 50 \text{ cm.}$

Croquis de armado:

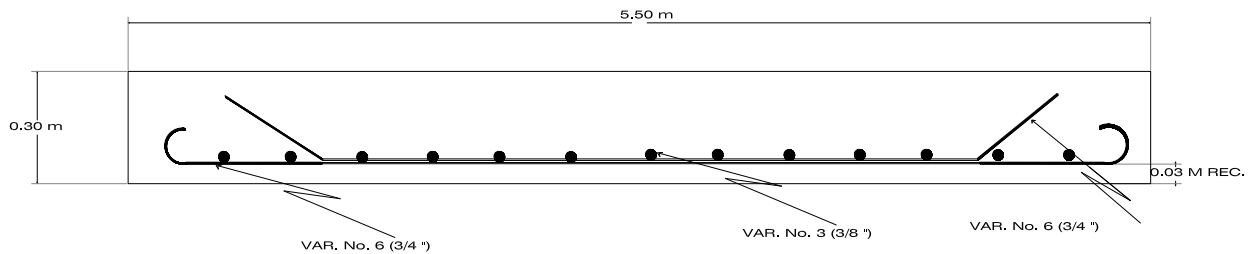


Imagen3.- Armado de losa (lado corto).

Como se cálculo como viga ancha el armado será a lo largo de la alcantarilla.

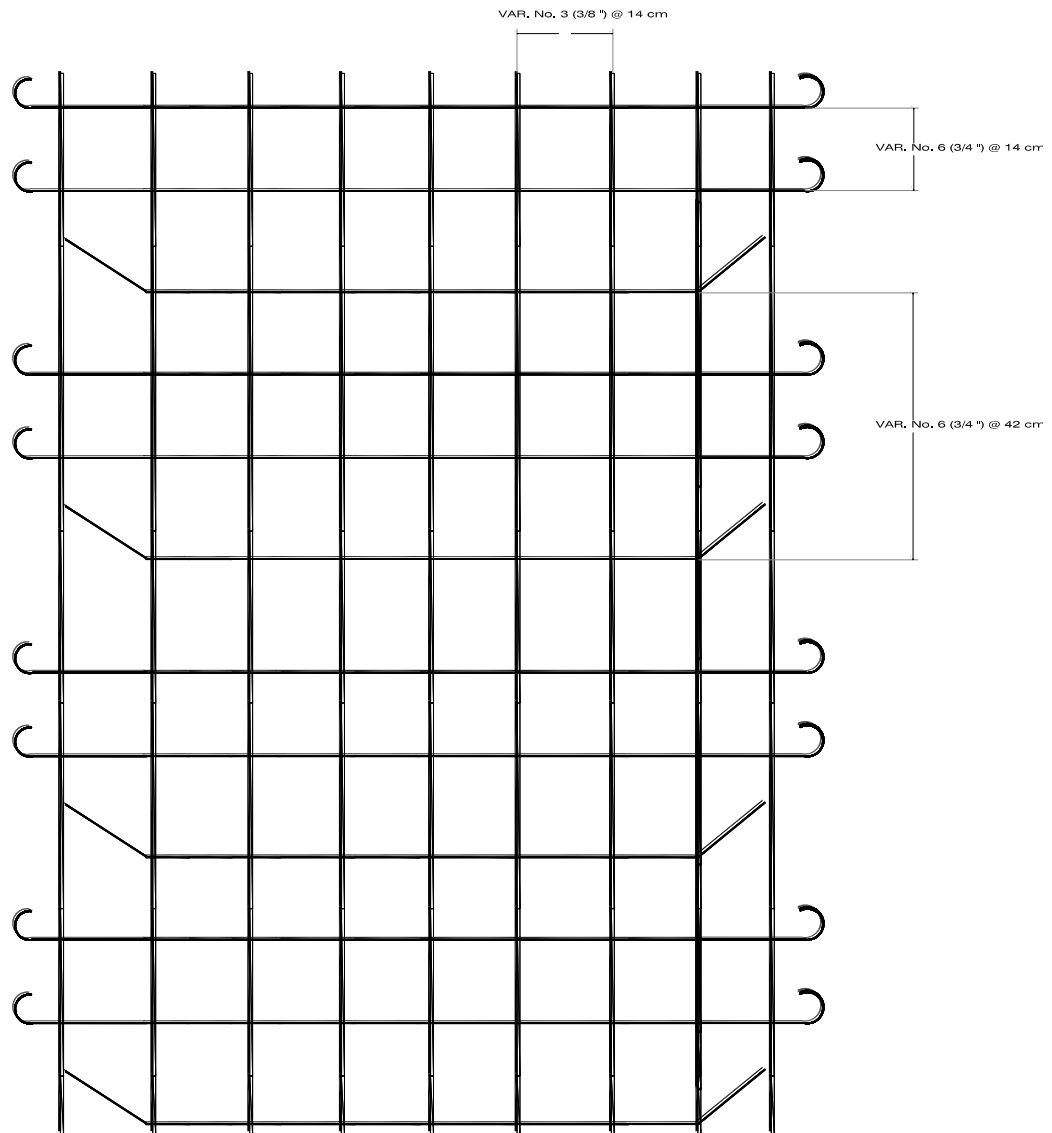


Imagen 4.- Armado de losa y separación de las barras (en planta) para alcantarilla 2.

ANEXO B.- Cálculo de los muros de contención para alcantarillas.

➤ Muros para Alcantarilla 1:

Cargas actuantes:

$$\text{Losa} \quad 5 \times 0.30 \times 2400 = 3600 \text{ kg}$$

$$\text{Colchón} \quad 0.35 \times 5 \times 1600 = 2800 \text{ kg}$$

$$\text{Carpeta} \quad 1 \times 20 \times 5 = 100 \text{ kg}$$

$$\text{Guarnición} \quad 0.20 \times 0.15 \times 2200 \times 5 = 330 \text{ kg}$$

$$T_{cm} \quad \Sigma = 6830 \text{ kg}$$

Carga por metro = 6830 kg.

Carga por muro = 3415 kg.

Carga viva (Cv) en losa.

Vehículo T3- S3 = W = 49603.27 lb

$$S = \frac{P}{A} = 3039.56 \text{ kg/m}^2$$

Carga por metro (ancho de losa).

$$3039.56 \times 1 = 3039.56 \text{ X muro} = 1519.779 \text{ kg/m}$$

Im=30%

$$I_m = 455.934 \text{ Kg/m}$$

Carga total

$$C_m + C_v + I_m = 3415 + 159.155 + 47.74 = 5390.713 \text{ kg /m.}$$

Fuerzas de empuje de tierras sobre el muro.

H1 = 0 (anexo D).

H=4.63 m

Relleno tipo II

Relación H1/H = 0

Como el talud es de mayor a 45°

$KH = 600 \text{ KG/M}^2/\text{M}$ de la grafica (anexo D).

$KV = 0 \text{ KG/M}^2/\text{M}$ de la grafica (anexo D).

Fuerza de frenado

Se considera un 10% de C_v

$$P_f = 1519.779 * 0.10 = 151.978 \text{ kg/m}$$

Fuerza hidráulica

Peso esp. Agua = 1000

$H = 2.5$ tirante de agua

$$\text{Peso esp. Agua} = 1000 \frac{2.5^2}{2} = 3125 \text{ kg/m}$$

Área de la base expuesta: 60 cm X 1m.

$$\text{Presión} = 2500 * 0.6 = 1500 \text{ kg/m}$$

Suma de cargas (w):

$$\text{Diafragma} \quad 0.20 * 0.15 * 2400 \quad = 72 \text{ kg/m}$$

Cuerpo:

$$W_1 = 3 * 0.5 * 1600 = 2400 \text{ kg/m}$$

$$W_2 = 3 * .73 * 1600 = 1752 \text{ kg/m}$$

$$W_1 + w_2 = 4152 \text{ kg /m}$$

$$\text{Base} = 0.7 * 2.8 * 1600 = 3136 \text{ kg/m.}$$

Distancias que actuaran imagen 5.

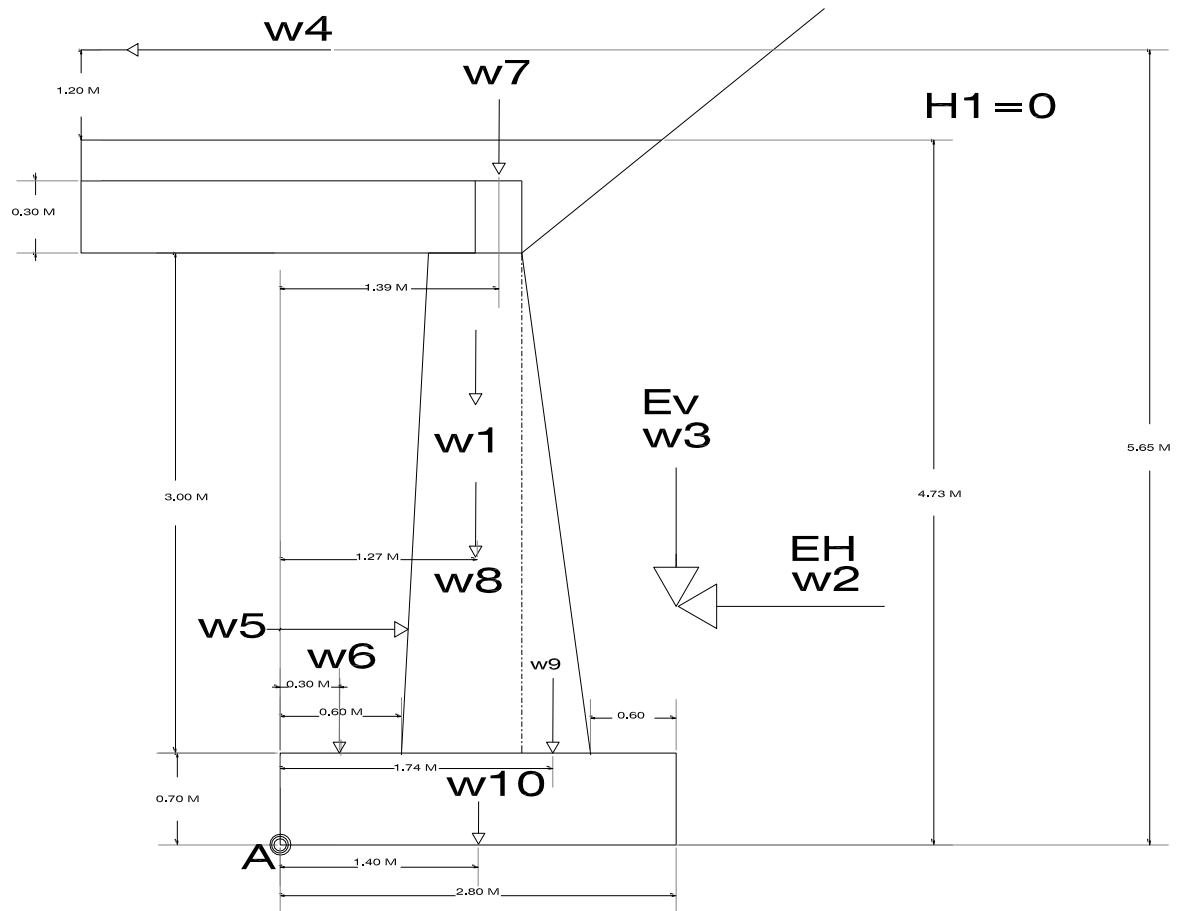


Imagen 5.- distancias y cargas que actuaran en el muro de contención respecto al punto A.

Losa w1= 2.25 m

Empuje de tierras

$EH = H/3 = 4.73/3$ $W2 = 1.576$ m.

Empuje de tierras E_v $W3 = 2.80$ m.

Frenado 1.20 m $W4 = 5.65$ m.

Empuje de agua $1/3$ $W5 = 1.06$ m.

Peso del agua $W6 = 0.30$ m.

Peso diafragma $W7 = 1.39$ m.

Peso cuerpo $W8 = 1.27$ m.

Peso cuerpo W9= 1.74 m.

Peso de base W10= 1.40 m.

Factor de seguridad a volteo.

$$\frac{\text{momento resistente}}{\text{momento actuante}} \geq 1.5$$

Fuerzas volteantes:

Peso	Fuerzas	Brazo	Momento
w2	6431,07	1,576	10135,366
w4	151,978	5,65	858,675
		suma	10994,042

Momento resistente:

Peso	Fuerzas	Brazo	Momento
w1	5390,713	2,25	12129,1043
w3	0	2,8	0
w5	3125	1,06	3312,5
w6	1500	0,3	450
w7	72	1,39	100,08
w8	2400	1,27	3048
w9	1752	1,74	3048,48
w10	3136	1,4	4390,4
		suma	26478,5643

$$\frac{\text{momento resistente}}{\text{momento actuante}} = \frac{26478.564}{10994.04} = 2.408 \geq 1.5 \text{ si cumple}$$

Factor de seguridad a deslizamiento.

Fuerzas verticales * $f = \tan(2/3\Phi)$

$$f = \tan\left(\frac{2}{3}\left(\frac{39\pi}{180}\right)\right) = 0.488$$

$\Phi=39$

w1	5390,713	kg/m
w3	0	kg/m
w6	1500	kg/m
w7	72	kg/m
w8	2400	kg/m
w9	1752	kg/m
w10	3136	kg/m
suma	14250,713	kg/m

Empuje resistente.

w5	3125	kg/m
----	------	------

Empuje deslizante.

w2	6431,07	kg/m
w4	151,978	kg/m
suma	6583,048	kg/m

Relación:

$$\text{fuerza resistente} = \text{suma de fuerzas verticales} * f + \frac{\text{empuje resistente}}{\text{empuje deslizante}}$$

$$fs = 14250.713 * 0.488 + \frac{3125}{6583.048} = 1.53 > 1.5 \text{ si cumple}$$

$$\text{Esfuerzo actuante} = \frac{\text{suma de fuerzas verticales}}{2.80} = 0.50 \text{ kg/cm}^2$$

Capacidad de terreno:

$10 \text{ ton/m}^2 = 1 \text{ kg/cm}^2 > 0.50 \text{ kg/cm}^2$ si cumple por capacidad de carga.

➤ **Muros para Alcantarilla 2:**

Cargas actuantes:

Losa $5.5 \times 0.30 \times 2400 = 3960 \text{ kg}$

Colchón $0.35 \times 5.5 \times 1 \times 1600 = 3080 \text{ kg}$

Carpeta $1 \times 20 \times 5.5 = 110 \text{ kg}$

Guarnición $0.20 \times 0.15 \times 2200 \times 5.5 = 363 \text{ kg}$

$$T_{cm} \Sigma = 7513 \text{ kg}$$

Carga por metro = 7513 kg.

Carga por muro = 3756.5 kg.

Carga viva (Cv) en losa.

Vehículo T3- S3 = W = 49603.27 lb

$$S = \frac{P}{A} = 3419.503 \text{ kg/m}^2$$

Carga por metro (ancho de losa).

$$3419.503 \times 1 = 3419.503 \text{ X muro} = 1709.751 \text{ kg/m}$$

Im=30%

$$I_m = 512.92 \text{ Kg/m}$$

Carga total

$$C_m + C_v + I_m = 3756.5 + 1709.751 + 512.92 = 5979.177 \text{ kg /m.}$$

Fuerzas de empuje de tierras sobre el muro.

H1 = 0 (anexo D).

H=2.90 m

Relleno tipo II

Relación H1/H = 0

Como el talud es de mayor a 45°

$KH = 600 \text{ KG/M}^2/\text{M}$ de la grafica (anexo D).

$KV = 0 \text{ KG/M}^2/\text{M}$ de la grafica (anexo D).

Fuerza de frenado

Se considera un 10% de C_v

$$P_f = 1709.751 * 0.10 = 170.975 \text{ kg/m}$$

Fuerza hidráulica

Peso esp. Agua = 1000

$H = 1.10$ tirante de agua

$$\text{Peso esp. Agua} = 1000 \frac{1.10^2}{2} = 605 \text{ kg/m}$$

Área de la base expuesta: 30 cm X 1m.

$$\text{Presión} = 1100 * 0.3 = 330 \text{ kg/m}$$

Suma de cargas (w):

$$\text{Diafragma} \quad 0.20 * 0.15 * 2400 \quad = 72 \text{ kg/m}$$

Cuerpo:

$$W_1 = 1.6 * 0.4 * 1600 = 1024 \text{ kg/m}$$

$$W_2 = 1.6 * 0.10 * 1600 = 128 \text{ kg/m}$$

$$W_1 + w_2 = 1152 \text{ kg /m}$$

$$\text{Base} = 0.5 * 1.6 * 1600 = 1280 \text{ kg/m.}$$

Distancias que actuaran imagen 6.

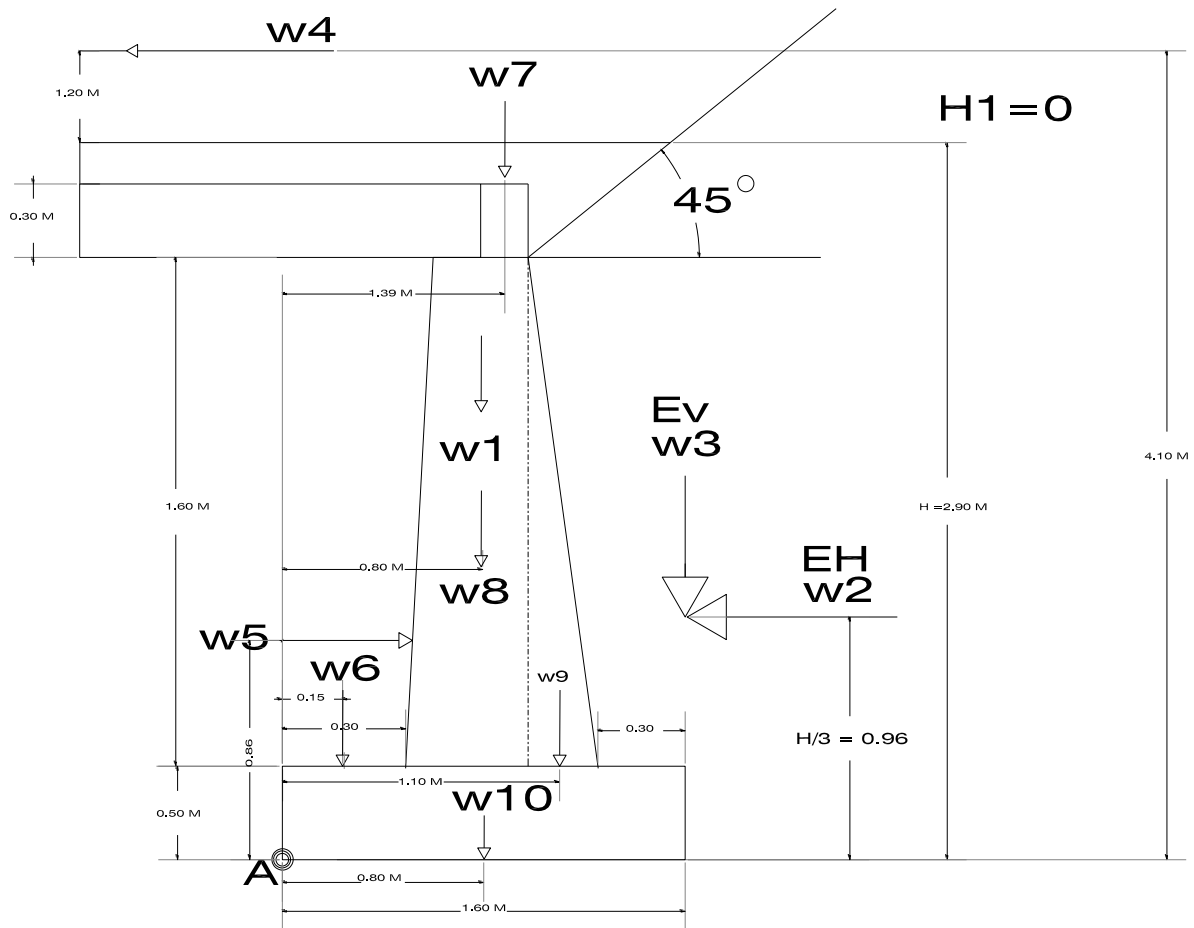


Imagen 6.- distancias y cargas que actuaran en el muro de contención respecto al punto A.

Losa w1= 0.80 m

Empuje de tierras

EH= H/3 = W2= 0.96 m.

Empuje de tierras Ev W3= 1.60 m.

Frenado 1.20 m W4= 4.10 m.

Empuje de agua 1/3 W5= 0.86 m.

Peso del agua W6= 0.15 m.

Peso diafragma W7= 0.91 m.

Peso cuerpo W8= 0.80 m.

Peso cuerpo W9= 1.10 m.

Peso de base W10= 0.80 m.

Factor de seguridad a volteo.

$$\frac{\text{momento resistente}}{\text{momento actuante}} \geq 1.5$$

Fuerzas volteantes:

Peso	Fuerzas	Brazo	Momento
w2	2523	0,96	2422,08
w4	170,975	4,07	695,86825
		suma	3117,94825

Momento resistente:

Peso	Fuerzas	Brazo	Momento
w1	5979,177	0,8	4783,3416
w3	0	1,6	0
w5	605	0,86	520,3
w6	330	0,15	49,5
w7	72	0,91	65,52
w8	1024	0,8	819,2
w9	128	1,1	140,8
w10	1280	0,8	1024
		suma	7402,6616

$$\frac{\text{momento resistente}}{\text{momento actuante}} = \frac{7402.661}{3117.949} = 2.374 \geq 1.5 \text{ si cumple}$$

Factor de seguridad a deslizamiento.

Fuerzas verticales * $f = \tan(2/3\Phi)$

$$f = \tan\left(\frac{2}{3}\left(\frac{39\pi}{180}\right)\right) = 0.488$$

$\Phi=39$

w1	5979,177	kg/m
w3	0	kg/m
w6	330	kg/m
w7	72	kg/m
w8	1024	kg/m
w9	128	kg/m
w10	1280	kg/m
suma	8813,177	kg/m

Empuje resistente.

w5	605	kg/m
----	-----	------

Empuje deslizante.

w2	2523	kg/m
w4	170,975	kg/m
suma	2693,975	kg/m

Relación:

$$\text{fuerza resistente} = \text{suma de fuerzas verticales} * f + \frac{\text{empuje resistente}}{\text{empuje deslizante}}$$

$$fs = 8813.177 * 0.488 + \frac{605}{2693.975} = 1.82 > 1.5 \text{ si cumple}$$

$$\text{Esfuerzo actuante} = \frac{\text{suma de fuerzas verticales}}{1.60} = 0.55 \text{ kg/cm}^2$$

Capacidad de terreno:

$10 \text{ ton/m}^2 = 1 \text{ kg/cm}^2 > 0.55 \text{ kg/cm}^2$ si cumple por capacidad de carga.

ANEXO C.- Cálculo de los aleros para alcantarillas.

➤ Aleros para Alcantarilla 1:

Fuerzas de empuje de tierras sobre el muro.

Angulo formado del alero al eje de la alcantarilla: 32°

Talud mayor a 15°

Suelo tipo II

Graficas de método semiempirico de Terzaghi.

$KH = 600 \text{ kg/m}^2/\text{m}$ (anexo E).

$KV = 120 \text{ kg/m}^2/\text{m}$ (anexo E).

$EH = 1/2KH \cdot H^2 = 4800 \text{ kg/m}$.

$EV = 1/2KV \cdot H^2 = 960 \text{ kg/m}$.

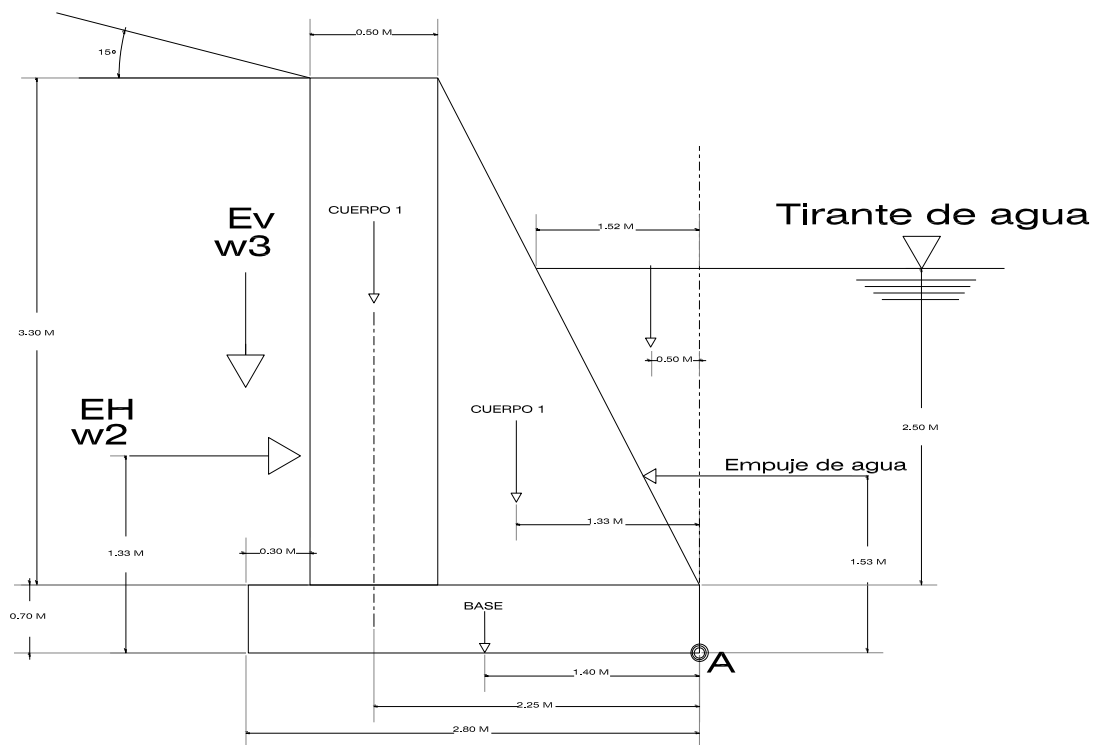


Imagen 7.- distancias y cargas que actuarán en el muro de contención respecto al punto A.

Brazos respecto del punto A de la imagen 7.

EH = 1.33m.

EV= 2.80m.

Peso del alero:

Cuerpo 1:

$$0.50 * 3.30 * 1600 = 2640 \text{ kg/m}$$

Brazo al punto A 2.25 m.

Cuerpo 2:

$$2.0 * 3.30 * 1600 = \frac{bh}{2} = \frac{2 * 3.3}{2} = 3.30 * 1600 = 5280 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Brazo al punto A 1.33 m.

Base:

$$2.8 * 0.7 * 1600 = 3136 \text{ kg/m}$$

Brazo al punto A 1.40 m

Fuerza ejercida por el agua.

Peso específico del agua= 1000 kg/m³

Tirante del agua=2.5 m.

$$Pa = \frac{\gamma a * 2.5^2}{2} = \frac{1000 * 6.25}{2} = 3125 \text{ kg/m}$$

Brazo respecto al punto A 1.53 m.

Peso del agua del tirante

$$1.52 * 2.5 * 1000 = 1900 \text{ kg/m}^3$$

Brazo respecto al punto A 0.50 m

Factor de seguridad al volteo.

Momento actuante.

	fuerza	Brazo	Momento
EH	4800	1,33	6384

Momento Resistente:

	fuerza	Brazo	Momento
Cuerpo 1	2640	2,25	5940
Cuerpo2	5280	1,33	7022,4
Base	3136	1,4	4390,4
Empuje de agua	3125	1,53	4781,25
Peso de agua	323	0,13	41,99
EV	960	2,8	2688
		suma	24864,04

$$\frac{\text{momento resistente}}{\text{momento actuante}} = \frac{24864.04}{6384} = 3.894 \geq 1.5 \text{ si cumple}$$

Factor de seguridad al deslizamiento:

Fuerzas verticales:

Cuerpo 1	2640	kg/m
Cuerpo2	5280	kg/m
Base	3136	kg/m
Peso de agua	323	kg/m
EV	960	kg/m
suma	12339	kg/m

Empuje resistente:

empuje de agua	3125	kg/m
----------------	------	------

Empuje deslizante:

EH	4800	kg/m
----	------	------

Fuerzas verticales * $f = \tan(2/3\Phi)$

$$f = \tan\left(\frac{2}{3}\left(\frac{39\pi}{180}\right)\right) = 0.488$$

$\Phi=39$

Relación:

$$\text{fuerza resistente} = \text{suma de fuerzas verticales} * f + \frac{\text{empuje resistente}}{\text{empuje deslizante}}$$

$$fs = 12339 * 0.488 + \frac{3125}{4800} = 1.90 > 1.5 \text{ si cumple}$$

$$\text{Esfuerzo actuante} = \frac{\text{suma de fuerzas verticales}}{2.80} = 0.44 \text{ kg/cm}^2$$

Capacidad de terreno:

$10 \text{ ton/m}^2 = 1 \text{ kg/cm}^2 > 0.44 \text{ kg/cm}^2$ si cumple por capacidad de carga.

Brazos respecto del punto A de la imagen 8.

$EH = 0.7 \text{ m}$.

$EV = 264.6 \text{ m}$.

Peso del alero:

Cuerpo 1:

$$0.40 * 1.60 * 1600 = 1024 \text{ kg/m}$$

Brazo al punto A 1.60 m.

Cuerpo 2:

$$1.40 * 1.60 * 1600 = \frac{bh}{2} = \frac{1.40 * 1.60}{2} = 1.12 * 1600 = 1792 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Brazo al punto A 0.93 m.

Base:

$$2.10 * 0.50 * 1600 = 1680 \text{ kg/m}$$

Brazo al punto A 1.05 m

Fuerza ejercida por el agua.

Peso específico del agua = 1000 kg/m^3

Tirante del agua = 1.10 m.

$$Pa = \frac{\gamma a * 1.10^2}{2} = \frac{1000 * 1.21}{2} = 605 \text{ kg/m}$$

Brazo respecto al punto A 0.86 m.

Peso del agua del tirante

$$0.96 * 1.10 * 1000 = 528 \text{ kg/m}^3$$

Brazo respecto al punto A 0.32 m

Factor de seguridad al volteo.

Momento actuante.

	fuerza	Brazo	Momento
EH	1323	0,7	926,1

Momento Resistente:

	fuerza	Brazo	Momento
Cuerpo 1	1024	1,6	1638,4
Cuerpo2	1792	0,93	1666,56
Base	1680	1,05	1764
Empuje de agua	605	0,86	520,3
Peso de agua	323	0,13	41,99
EV	264,6	2,1	555,66
		suma	6186,91

$$\frac{\text{momento resistente}}{\text{momento actuante}} = \frac{6186.91}{926.10} = 6.68 \geq 1.5 \text{ si cumple}$$

Factor de seguridad al deslizamiento:

Fuerzas verticales:

Cuerpo 1	1024	kg/m
Cuerpo2	1792	kg/m
Base	1680	kg/m
Peso de agua	323	kg/m
EV	264,6	kg/m
suma	5083,6	kg/m

Empuje resistente:

empuje de agua	605	kg/m
----------------	-----	------

Empuje deslizante:

EH	1323	kg/m
----	------	------

Fuerzas verticales * $f = \tan(2/3\Phi)$

$$f = \tan\left(\frac{2}{3}\left(\frac{39\pi}{180}\right)\right) = 0.488$$

$\Phi=39$

Relación:

$$\text{fuerza resistente} = \text{suma de fuerzas verticales} * f + \frac{\text{empuje resistente}}{\text{empuje deslizante}}$$

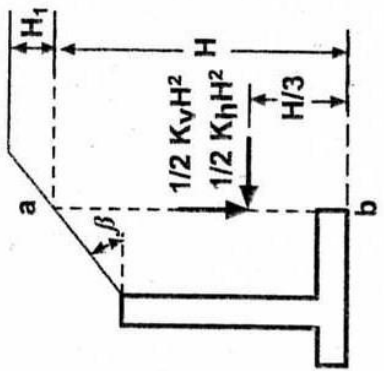
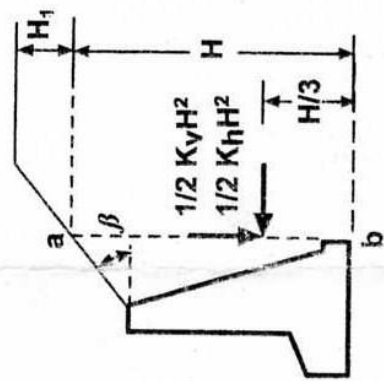
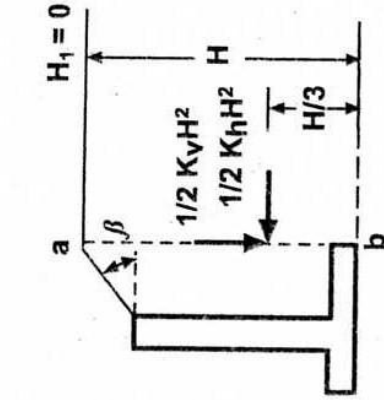
$$fs = 5083.6 * 0.488 + \frac{605}{1323} = 2.33 > 1.5 \text{ si cumple}$$

$$\text{Esfuerzo actuante} = \frac{\text{suma de fuerzas verticales}}{2.10} = 0.242 \text{ kg/cm}^2$$

Capacidad de terreno:

$10 \text{ ton/m}^2 = 1 \text{ kg/cm}^2 > 0.242 \text{ kg/cm}^2$ si cumple por capacidad de carga.

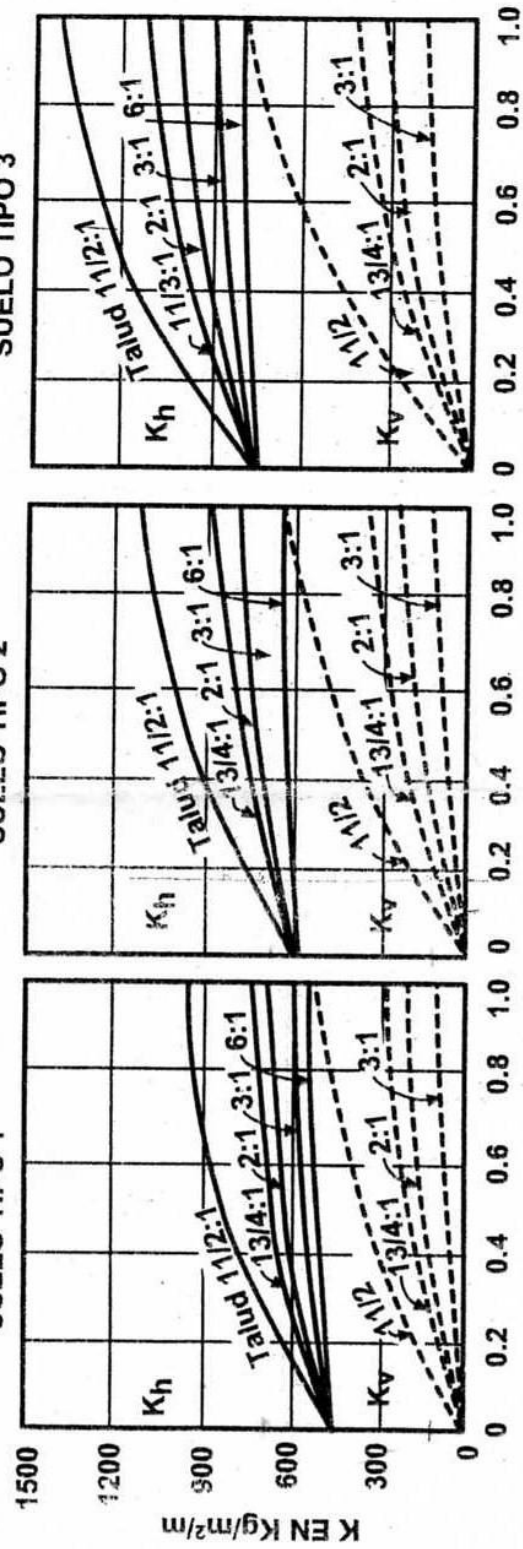
ANEXO D



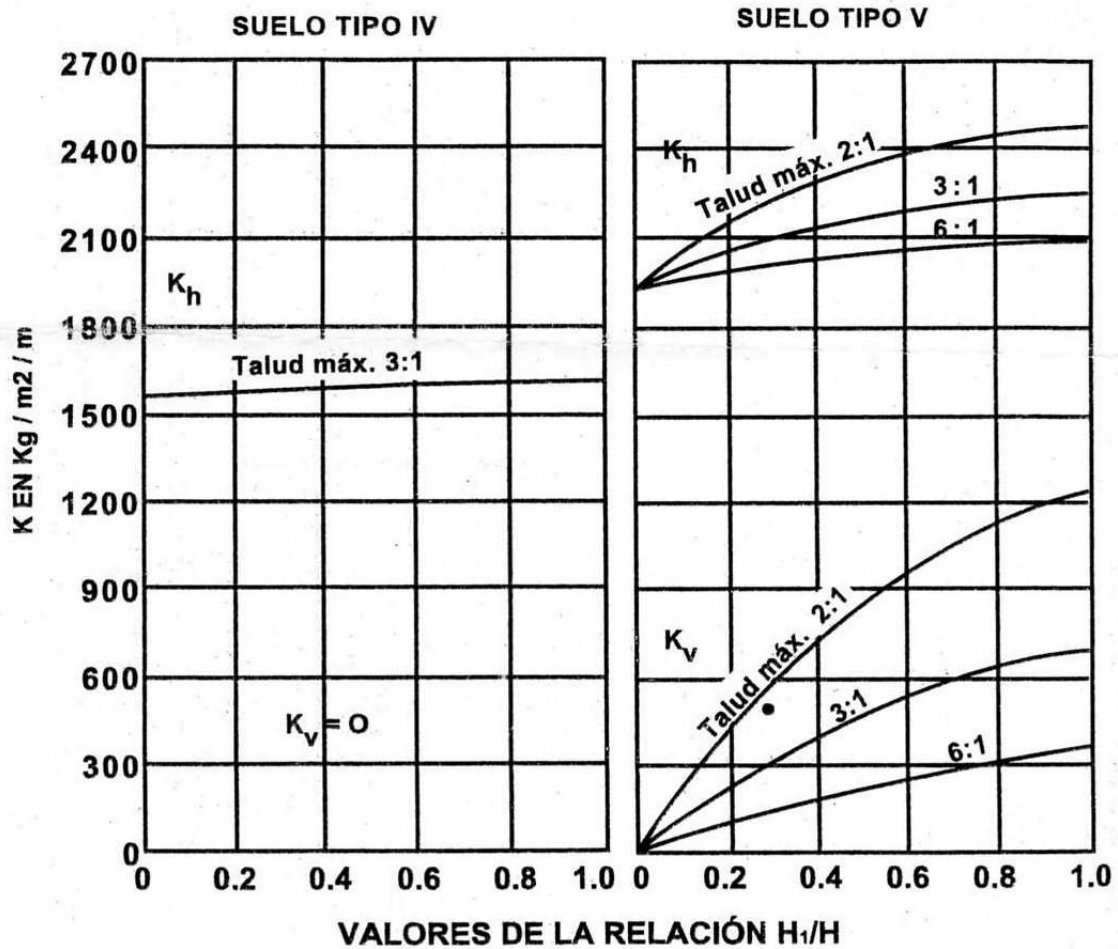
SUELO TIPO 1

SUELO TIPO 2

SUELO TIPO 3



Valores de la relación H_1/H



Método semiempírico de Terzaghi.

Tipos de material de relleno.

- I.-Suelo granular grueso sin fino.
- II.-Suelo granular grueso con finos limosos.

III.- Suelo residual, con cantos, bloques de piedra, gravas, arenas finas y finos arcillosos en cantidades apreciables.

IV.-Arcillas plásticas blandadas, limos orgánicos o arcillas mosas.

V.- Fragmento de arcilla dura o medianamente dura, protegidos de modo que el agua proveniente de cualquier fuente no penetra entre los fragmentos.

Geometria del relleno y condiciones de carga.

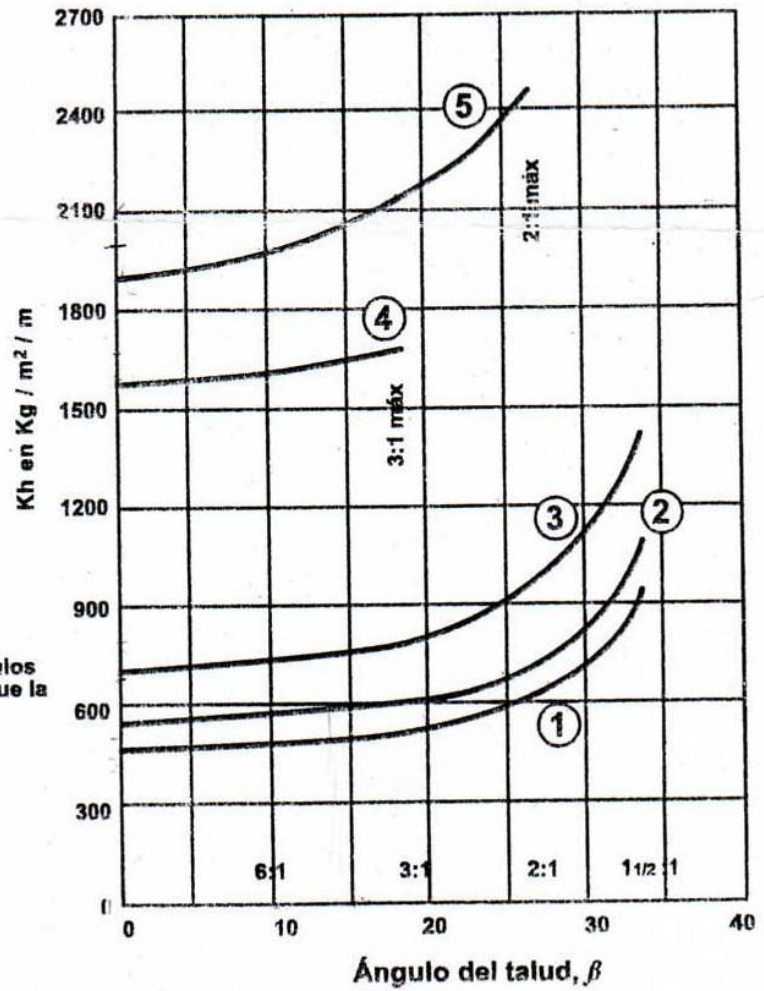
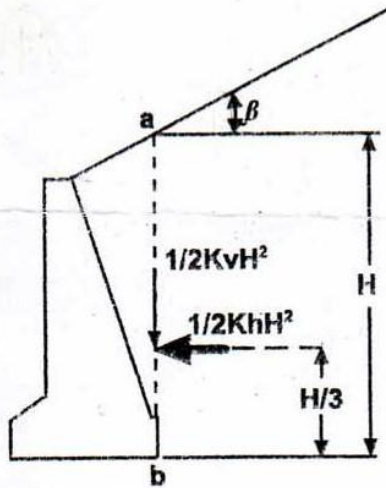
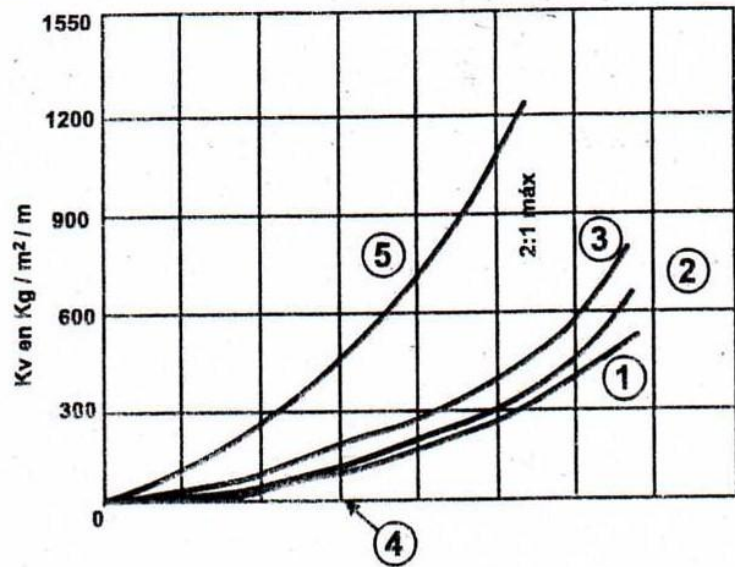
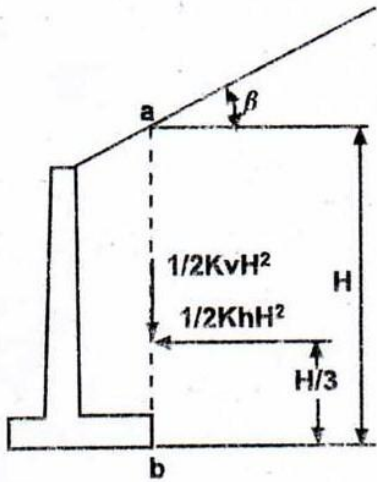
1.-La superficie del relleno es plana.

2.-La superficie del terreno es inclinada a partir de la corona del muro, hasta un cierto nivel, en el cual se torna horizontal.

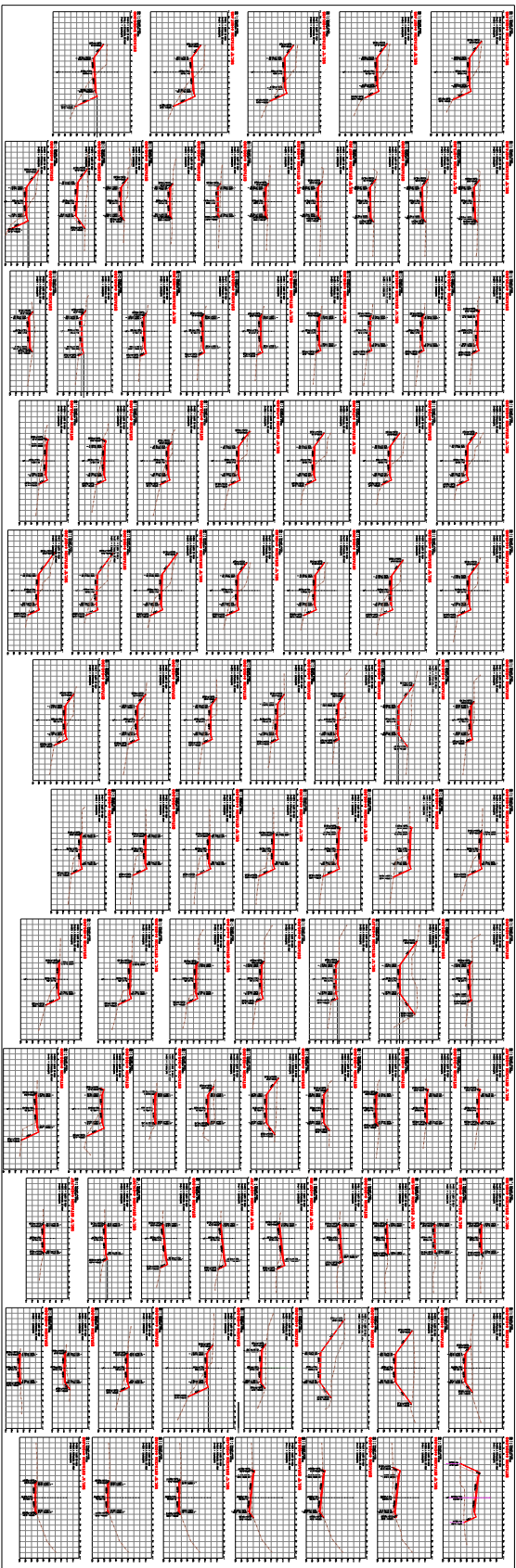
3.-La superficie del relleno es plana y sobre ella actúa una sobrecarga uniformemente repartida.

4.- La superficie del terreno es plana y sobre ella actua una sobrecarga lineal paralela a la corona del muro y uniformemente repartida.

ANEXO E



Los números en las curvas indican el tipo de material. Para los materiales del tipo 5 los cálculos se realizan con una altura, H, menor que la real en 1.20 metros.



PLANO 2		
SECCIONES CONTROL DE CALIDAD S.A. S.R.L. DIVISION DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO		
PROCESO ELECTRONICO ESPECIFICACIONES DE DISEÑO		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> NOMBRE: _____ DISEÑADO POR: _____ REVISADO POR: _____ APROBADO POR: _____ </td> <td style="width: 50%;"> FECHA: _____ ESCALA: _____ </td> </tr> </table>	NOMBRE: _____ DISEÑADO POR: _____ REVISADO POR: _____ APROBADO POR: _____	FECHA: _____ ESCALA: _____
NOMBRE: _____ DISEÑADO POR: _____ REVISADO POR: _____ APROBADO POR: _____	FECHA: _____ ESCALA: _____	
ABREVIATURAS R1 - Resistor en serie (R1 en el plano 1) C1 - Condensador D1 - Diodo en sentido catodo hacia el PCB Q1 - Transistor de potencia (Q1 en el plano 1) Q2 - Transistor de potencia (Q2 en el plano 1)		