

# **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 “CAURIO DE GUADALUPE – PURÉPERO” DEL KM. 11+000 AL 13+000.**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

**Uriel Alcantar Díaz**

Asesor:

**Ing. Sandra Natalia Parra Macías**

Uruapan, Michoacán, 2008.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis primeros agradecimientos son para Dios que me ha permitido tener una vida plena de felicidad al lado de mis seres queridos, también les agradezco y dedico esta tesis a mis padres Graciela Díaz Torres y Arturo Alcantar Aguilar por darme la vida, el cariño, comprensión y el apoyo sin condiciones ni medida, por el sacrificio de jornadas de trabajo que pasaron para darme educación y que tuviera una profesión, en verdad se los agradezco y les digo que los amo.

A mis hermanos les doy las gracias por su confianza, sus consejos, compañía y paciencia que me dan en todo momento que ocupo de ellos, también les agradezco a mis amigos por su amistad y compañerismo por hacer el estudio algo muy divertido.

A todos mis maestros que juegan un papel muy importante en el desarrollo académico, les agradezco por compartir su tiempo, conocimientos, por su disposición y ayuda brindada.

A los asesores les doy las gracias por su disposición, por aclarar todas las dudas y darme sus consejos para la elaboración de esta tesis.

## ÍNDICE

Introducción	
Antecedentes	1
Planteamiento del problema	3
Objetivos	4
Pregunta de investigación	5
Justificación	6
Delimitación	7
Marco de referencia	8
CAPÍTULO 1. VÍAS TERRESTRES	
1.1 Antecedentes de los caminos	9
1.1.1 Historia de los caminos en México	10
1.2 Inventario de caminos	12
1.3 Elementos de la ingeniería de tránsito usados para el proyecto	15
1.3.1 Elementos de tránsito	17
1.3.2 El usuario	18
1.3.3 El vehículo	20
1.3.4 El camino	24
1.4 Velocidad	25
1.5 Volumen de tránsito	27
1.6 Densidad de tránsito	29
1.7 Derecho de vía	30

1.8 Capacidad y nivel de servicio	30
1.9 Distancia de visibilidad	31
1.10 Mecánica de suelos	33
1.10.1 Tipos de suelos	33
1.10.2 Propiedades volumétricas y gravimétricas	34
1.10.3 Clasificación de suelos	37

## CAPÍTULO 2. DRENAJE

2.1 Antecedentes	41
2.2 Objetivo	42
2.3 Hidrología	42
2.3.1 Antecedentes históricos de la hidrología	43
2.3.2 Ciclo hidrológico	43
2.3.3 Fisiografía de la cuenca hidrológica	46
2.3.4 Pendiente de una cuenca	47
2.3.5 Red de drenaje	48
2.4 Precipitación	51
2.4.1 Elementos climatológicos	52
2.4.2 Precipitación media $\bar{h}_p$	53
2.5 Escurrimiento	54
2.6 Infiltración	55
2.6.1 Los factores que afectan la capacidad de infiltración (fp)	56
2.7 Agua subterránea	57
2.8 Avenida Máxima	58
2.9 Sistemas de drenaje superficial	59

2.9.1 Cunetas	59
2.9.2 Contracunetas	62
2.9.3 Bombeo del camino	62
2.9.4 Lavaderos o vertedores	63
2.9.5 Obras de cruce	63
2.9.5.1 Alcantarillas	63
2.9.5.2 Área hidráulica de las alcantarillas	64
2.9.5.2.1 Procedimiento por comparación	65
2.9.5.2.2 Procedimiento empírico	65
2.9.5.2.3 Procedimiento de sección y pendiente	66
2.9.5.2.4 Procedimiento de la precipitación pluvial	67
2.9.5.2.5 Procedimiento racional	68
2.10 Sistemas de drenaje subterráneo	69
2.10.1 Zanjas	69
2.10.2 Drenes ciegos	70
2.10.3 Drenes de tubo	70
2.11 Puentes	70
2.11.1 Estudio de pilas	72
2.11.2 Estribos de un puente	73

### CAPÍTULO 3. RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICRO

#### LOCALIZACIÓN

3.1 Generalidades	74
3.2 Resumen ejecutivo	75
3.3 Entorno geográfico	76

3.3.1 Macro localización y micro localización	76
3.3.2 Topografía regional y de la zona en estudio	77
3.3.3 Geología regional y de la zona en estudio	78
3.3.4 Hidrología regional y de la zona en estudio	79
3.3.5 Uso de suelo regional y de la zona en estudio	80
3.4 Informe fotográfico	81
3.5 Estudios de tránsito	82
3.5.1 Tipo y clasificación de los vehículos	82
3.5.2 Aforo vehicular	82
3.6 Alternativas de solución	84
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA	
4.1 Método empleado	85
4.2 Enfoque de la investigación	86
4.2.1 Tipo de la investigación	86
4.3 Diseño de la investigación	87
4.4 Instrumentos de recopilación de datos	88
4.5 Descripción del proceso de investigación	88
CAPÍTULO 5. REVISIÓN DEL PROYECTO	
5.1 Generalidades	90
5.2 Cunetas y contracunetas	90
5.3 Bombeo	92
5.4 Lavaderos	92
5.5 Alcantarillas	94

5.6 Análisis comparativo	105
Conclusión	108
Bibliografía	110
Anexos	

## RESUMEN

La presente tesis titulada revisión del sistema de drenaje del tramo carretero Caurio de Guadalupe – Purépero del kilometro 11+000 al 13+000 es un análisis para conocer si son correctas o no las obras proyectadas y ejecutadas en dicho tramo y para dar algunas sugerencias si fueran necesarias, por lo que se estudio en el capítulo 1 temas como antecedentes de los caminos, elementos de la ingeniería de transito usados para el proyecto ya que para el proyectar una carretera intervienen diferentes factores constructivos y de seguridad para el usuario, en el capítulo 2 se tocaron temas que influyen directamente en la decisión de definir que obras son las adecuadas para el sistemas de drenaje a diseñar tales temas son la hidrología, fisiografía de la cuenca hidrológica, elementos climatológicos, cunetas, lavaderos, alcantarillas, puentes, etc.

Otras características importantes es la topografía y geografía del lugar en estudio por lo que en el capítulo 3 se trato de la localización, sus características y tipo de vida economica, el capítulo 4 trata de la metodología usada para la investigación para tener la certeza que los resultados obtenidos son confiables, en el capítulo 5 se hizo la revisión del las obras proyectadas para saber a ciencia cierta si cumplen con lo requerido para dicha obra, llegando a la conclusión de que si son correctas las obras.

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

Los primeros caminos fueron vías de tipo peatonal (veredas) que los nómadas formaban al ambular por las regiones en búsqueda de alimentos. Con la invención de la rueda apareció la carreta jalada por personas o por bestias y fue necesario acondicionar los caminos para que el tránsito se desarrollara lo más rápido posible; los espartanos y los fenicios hicieron los primeros caminos de que se tiene noticia. En la actualidad existen vías terrestres con condiciones apropiadas de seguridad, comodidad y capacidad estructural, sin embargo, esto no fuera posible sin un buen sistema de drenaje.

Como lo menciona Sotelo (1973), el tener un mal drenaje puede provocar el deterioro anticipado de la carretera y causar problemas de seguridad entre los usuarios.

En México se han realizado pocas investigaciones sobre el tema de diseño de drenaje en carreteras, entre las que se encuentran son las de la Universidad Don Vasco como la de Christian César González Mejía titulada diseño del drenaje en la intersección del libramiento de Guacamayas, carretera; Zihuatanejo – Lázaro Cárdenas en el 2008, teniendo como objetivo el diseño del drenaje en dicha intersección y llegando a la conclusión de que es necesaria la construcción de un pozo de visita, otro estudio es el de Jorge Valencia Aburto con el título de Revisión

del drenaje del tramo carretero denominada La Curva “del diablo”, carretera Uruapan – Carapan del kilómetro 65+000 al 66+000 en el 2008, con el objetivo de revisar el sistema de drenaje del tramo en mención, llegando al resultado de que fue una obra bien diseñada y que brinda seguridad al camino, entre otras investigaciones se encuentra la de Gabriel Chávez Álvarez, titulada Revisión de obras de drenaje del tramo “0+100 al 2+000” de la carretera Ziracuaretiro – La Ciénega realizada en el 2008, con el objetivo de hacer una revisión visual y analizar las condiciones actuales que presenta el tramo, para diseñar las obras de drenaje necesarias y compararlas con las obras existentes y así evaluar la situación en la cual se encuentra, concluyendo que las obras de drenaje existentes no son suficientes ni adecuadas para las condiciones, tanto climatológicas como topográficas del tramo mencionado.

Ya que es muy poca la investigación existente sobre el tema de drenajes en carreteras es de suma importancia la extensión de su estudio.

## **Planteamiento del problema.**

La construcción de un drenaje mal diseñado trae por consecuencia una serie de pérdidas significativas, tanto económicas como humanas, ya que la carretera sufre un deterioro prematuro en su estructura a causa del agua, provocando que sea incómoda, insegura e incapaz estructuralmente, por lo que con esta investigación se pretende establecer si el diseño fue el adecuado para el tramo carretero Caurio de Guadalupe – Purépero del kilómetro 11+000 al 13+000.

El estudio nos garantiza minimizar los requerimientos financieros, con el máximo beneficio social posible y con los menores impactos ambientales negativos.

## **Objetivos**

En seguida se mencionan algunos objetivos para el desarrollo de esta investigación que son el objetivo general y subsecuentemente varios objetivos particulares.

### **Objetivo general:**

Revisar el sistema de drenaje para el tramo carretero Caurio de Guadalupe – Purépero del Km. 11+000 al 13+000.

### **Objetivos particulares:**

- a) Definir qué es una vía carretera.
- b) Definir qué es un sistema de drenaje.
- c) Determinar las diversas obras para un buen sistema de drenaje.
- d) Establecer si el actual sistema de drenaje es el adecuado para las necesidades de drenaje para el tramo en estudio.

## **Pregunta de investigación.**

Se tratará de resolver algunas interrogantes para llegar a buen diseño de drenaje, las cuales son:

¿Qué es una vía carretera?

¿Qué es un sistema de drenaje?

¿Cuáles son las obras para un buen sistema de drenaje?

¿Será el sistema de drenaje actual el adecuado para las necesidades del tramo en estudio?

¿Qué ventajas tiene una obra el contar con drenaje?

¿Qué elementos componen las obras de drenaje?

## **Justificación.**

La presente investigación es de gran importancia porque sin ella no se podría obtener una carretera en condiciones apropiadas de seguridad, comodidad y capacidad estructural bajo las condiciones ambientales locales, ya que el agua deteriora las carreteras al tener contacto con ellas.

El estudio garantiza minimizar los requerimientos financieros, con el máximo beneficio social posible y con los menores impactos ambientales negativos, la sociedad se beneficia por que el tiempo de traslado se acorta, los servicios llegan a las comunidades y aumenta la calidad de vida.

Otros beneficiados con este estudio es el investigador que resuelve la duda que propicio el estudio, los estudiantes de la Universidad Don Vasco ya que contarán con otra opción de consulta para futuros proyectos de drenaje carretero y la Ingeniería Civil por que se amplía la información en dicho tema.

## **Delimitación**

Para un mejor análisis del tema sólo se estudiará el diseño del drenaje del tramo carretero Caurio de Guadalupe – Purépero del kilómetro 11+000 al 13+000 y sólo será aplicable para las condiciones geográficas y climatológicas locales en el momento que se realizó.

## **Marco de referencia.**

La investigación tiene lugar en la carretera que comunica a los municipios de Caurio de Guadalupe y Purépero en el kilómetro 11+000 al 13+000 en el estado de Michoacán, México con coordenadas de 19°54' de latitud norte y 102°00' de longitud oeste a una altura de 2020 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Tlazazalca, al este con Zacapu, al sur con Chilchota y al oeste con Tangancícuaro. Su distancia de Morelia la capital del estado es de 113 kms.

El tránsito vehicular es muy poco ya que transitan automóviles de 2 ejes, camiones ligeros de 3 ton, camiones de 2 y 3 ejes y maquinaria agrícola. Su principal actividad económica comercial es la industria ya que cuenta con fábricas de calzado, fabricas de alimentos balanceados, fabricas de textiles y prendas de vestir, talleres de torno, talleres de muebles y curtiduría.

El número de habitantes aproximado de Purépero es de 23713 y cuenta con servicios públicos de agua potable, drenaje, pavimentación, alumbrado público, recolección de basura, mercado y rastro, medios de comunicación.

Su clima es templado con lluvias en verano, el ecosistema lo conforman el bosque mixto, con pino y encino, la hidrografía se constituye por el arroyo de Tlazazalca y el manantial de agua fría la Alberca.

# **CAPÍTULO 1**

## **VÍAS TERRESTRES**

En este capítulo se menciona el surgimiento y etapas de los caminos para comprender el origen y evolución de acuerdo a las exigencias requeridas en cada momento de la historia.

### **1.1 Antecedentes de los caminos.**

En acuerdo con lo mencionado con Mier (1987), la humanidad existe en la tierra cuando menos hace unos 100000 años y en Asia menor se invento la rueda hace algunos 5000 años esto propició la necesidad de superficies de rodamiento que transitaran carretas de cuatro ruedas, con el desarrollo del imperio romano inicia la construcción de los caminos en forma científica.

Los romanos lograron el florecimiento de su imperio debido a muchos factores, pero tal vez el que influyó mas fué la completa red de caminos que tuvieron; la distancia se acortaron por la habilidad de sus ingenieros militares, desgraciadamente la caída del imperio romano provocó que la construcción de caminos fuera un arte perdido.

### **1.1.1 Historia de los caminos en México.**

En México actualmente se construyen caminos de todos tipos, desde los de cuota de máximas especificaciones hasta las más modestas brechas.

Los españoles al llegar a lo que hoy es el territorio nacional encontraron que los nativos desconocían el uso de rueda en vehículos de transporte y no contaban tampoco con animales de tiro y carga; pero sin embargo, tenían un buen número de calzadas de piedra, así como una importante cantidad de caminos, veredas y senderos.

Despuntaban en este aspecto constructivo los aztecas y los mayas, quienes por sus actividades comerciales, religiosas y bélicas, utilizaban ampliamente los caminos.

La colonización de la Nueva España trajo como consecuencia lógica un importante mejoramiento los caminos ya existentes y el comienzo de otros muchos, las primeras modificaciones a los caminos existentes, tienen su origen en el uso de animales de carga y tiro así como de carretas por la necesidad de comunicar el centro de la Nueva España con los puertos marítimos en forma adecuada para hacer llegar a la madre patria los productos del país conquistado.

La revolución mexicana, iniciada en 1910 produjo en el país una profunda conmoción que por largos años obstaculizó la realización de todo intento de carácter constructivo.

Con la aparición del automóvil, suceso en México en 1906 y que revolucionó sin duda alguna todos los viejos sistemas de transportación por carreteras entre 1918 y 1920, fué el desarrollo con mas importancia de los últimos 400 años anteriores, registrados en la historia del país.

Las características de los caminos fueron las idóneas para las necesidades de los vehículos de tracción animal pero el adelanto inesperado del automóvil y el surgimiento de los camiones capaces de viajar a velocidades desconocidas hasta ese momento y con mayor capacidad de carga, se tuvo la exigencia de modificar, mejorar y construir nuevos caminos para satisfacer las necesidades de la nueva demanda.

El movimiento revolucionario en México, al coincidir con la aparición del automóvil provoco un estancamiento de los caminos por lo cual su transformación no se llevara acabo a la par con el automóvil, encontrándose con que el automóvil había avanzado a pasos agigantados y los caminos quedaron totalmente obsoletos.

Con la creación de la comisión nacional de caminos por la ley del 30 de marzo de 1925, expedida por el entonces presidente de la república el Gral.

Plutarco Elías Calles, se inicia en firme la construcción de nuevos caminos así como el mejoramiento y conservación de los existentes.

En el año de 1932 la Comisión Nacional de Caminos paso a depender de la Secretaria de Comunicaciones y Obras Publicas, convirtiéndose en Dirección Nacional de Caminos posteriormente en 1958 y en atención al gran auge en la construcción y conservación de caminos, la Secretaria de Comunicaciones y Obras Publicas se divide en dos: Secretaria de Obras Publicas y Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

## **1.2 Inventario de caminos.**

En conformidad con Mier (1987), el propósito de obtener un inventario de los caminos existentes en una entidad, se pueden seguir varios procedimientos, desde el más general y sencillo como es el de recorrer los caminos en vehiculo, tomando kilometrajes con el odómetro del propio vehículo y anotando la información que se obtiene a simple vista, hasta procedimientos mas completos y precisos como medios topográficos que proporciona en forma directa la información sobre los caminos.

Un método que combina con excelentes resultados los requisitos de precisión, rapidez y economía, es el levantamiento odógrafo – giroscópico de la planta del camino y se completa el estudio para el dibujo del perfil por medio de un sistema barométrico.

Los datos que se buscan en el estudio del inventario son: planta del camino, perfil, itinerario, configuración del terreno por el que se cruza, características de la superficie de rodamiento, sección transversal, alineamiento vertical, alineamiento horizontal, visibilidad, señalamiento, obras de drenaje, cruces y entronques con otras vías de comunicación, características de los poblados por los que pasa el camino, uso de la tierra a los lados del camino y demás datos que se consideren de importancia.

El kilometraje de cada punto es medido por el sistema odométrico que consiste en un dispositivo que mide el número de vueltas que da la rueda delantera izquierda del vehículo.

El perfil del camino se obtiene con el barómetro o altímetro, en que se aprecian diferencias de nivel hasta de tres metros. A partir del perfil se determina el alineamiento vertical, comprobándolo en ciertos casos mediante el clisímetro, si las pendientes son muy pronunciadas.

El alineamiento horizontal se obtiene de los datos en el registro de curvatura, leyendo los kilometrajes del PC (principio de curvatura) y PT (principio de tangente) en el contador del odómetro y los azimut en el giroscopo. Para la comprobación azimut que marca el giroscopo, se utilizan las lecturas hechas en la brújula de control remoto, el origen de cada tramo que se inventaría será un punto fijo y claramente definido.

Con las coordenadas y los datos de curvatura obtenidos de la computadora, se traza el eje del camino y se compara este dibujo con el obtenido por medio del odógrafo.

Una de muchas aplicaciones que tiene el inventario de caminos por lo cual es de suma importancia es la obtención de la capacidad de los caminos que forman la red.

La capacidad de un camino queda determinada por muy diversos factores positivos que comprenden las características geométricas del camino en si mismo y las características del transito que circulan por él.

Las principales características geométricas del camino, que influyen en su capacidad, son su sección transversal, la cual incluye ancho de carriles, distancia a obstáculos laterales, ancho y estado de acotamientos, alineamiento horizontal, alineamiento vertical y distancia de visibilidad de rebase.

Entre las numerosas aplicaciones que tiene el inventario de caminos, una de ellas y de las mas importantes y principales es la de señalar las obras necesarias y sus prioridades en los programas de reconstrucción, conservación y construcción de nuevas carreteras, estos aspectos justifican la realización del inventario pero hay mas razones como son: la obtención de itinerarios de caminos, datos sobre las poblaciones que pasa el camino, dato sobre el número y estado de las obras de drenaje, estado superficial de los caminos, por mencionar algunas.

Una vez concluido el estudio del inventario de caminos, debe mantenerse al día mediante el registro adecuado de los cambios hechos. Para ello se recaban en las dependencias correspondientes datos sobre las modificaciones que se hagan en fechas posteriores a la realización del inventario del tramo, a fin de tener únicamente con revisiones periódicas el estado real y verdadero de la red de carretera en cualquier momento.

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

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

El problema del tránsito radica principalmente en la gran diferencia entre vehículos modernos y los caminos que son antiguos por los cuales se transitan, la mayoría de nuestros caminos actuales no son mas que mejoramientos de las brechas por las que se tenía seguidas por las antiguas diligencias, mientras que otros fueron proyectados para vehículos de hace 60 años, por lo cual no cumplen satisfactoriamente las necesidades de los vehículos, modernos.

Los principales factores que intervienen en el problema del tránsito son: la existencia de diferentes tipos de vehículos en el mismo camino, tales como automóviles, camiones, motocicletas, etc. Otros factores son las vías de comunicación inadecuadas que incluyen trazos urbanos ineficaces, calles y

caminos angostos y con fuertes pendientes y banquetas insuficientes. Falta de educación vial, ausencia de leyes y reglamentos de tránsito que se adapten a las necesidades del usuario y que se hagan cumplir.

En congruencia con Mier (1987), existen tres tipos de soluciones que se pueden dar al problema de tránsito, la primera es una solución integral: consiste en crear un nuevo camino de acuerdo a tipo de vehículo actual y previniendo las necesidades futuras en un tiempo razonable. Deben proyectarse ciudades con trazos nuevos, calles destinadas para alojar vehículos modernos, caminos en los que se puedan viajar con seguridad, comodidad y rapidéz.

La segunda es la solución parcial de alto costo: mediante la cual se trata obtener el mejor partido posible de los caminos actuales realizando ciertos cambios que requieren fuertes inyecciones de dinero, tales como el ensanchamiento de calles, construcción de intersecciones canalizadas, rotatorias o a desnivel, arterias de acceso controlado, mayor cantidad de estacionamientos públicos y privados, mas sistemas de control automático del tránsito con semáforos.

La tercera es la solución parcial de bajo costo: consiste en aprovechar al máximo las condiciones existentes, con el mínimo de obras materiales y el máximo de regulación funcional del tránsito, deben dictarse leyes y reglamentos adaptados a las necesidades del tránsito, realizar campañas de educación vial, hacer cambios en la circulación de vehículos para lograr calles con circulación en

un sentido, estacionamientos con tiempo limitado, canalización del tránsito a bajo costo, proyecto estandarizado de señales y semáforos.

Deben existir tres elementos que trabajen simultáneamente para que unidos se logre un tránsito seguro y eficiente, dichos elementos son: la ingeniería de tránsito, la educación vial y vigilancia policíaca.

Es necesario que un técnico especializado en tránsito resuelva los problemas del proyecto físico del camino con todos sus detalles, las instituciones educacionales toman por su cuenta la preparación del individuo para la que se enseñe a respetar las señales viales y que las autoridades sepan crear leyes y reglamentos haciéndolas cumplir por medio de personal preparado.

### **1.3.1 Elementos del tránsito.**

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

La población en general constituye el usuario de los caminos y de las calles, tanto si se considera como conductor o como peatón.

### **1.3.2 El usuario.**

“El peatón es el sujeto mas expuesto a sufrir las consecuencias de los accidentes, estadísticamente se observa que mas del 25 % el peatón es victima, que en el 65 % de los casos es culpable el accidente y que como dato importante el 80 % de los atropellados no saben manejar, lo que indica que no saben calcular el tiempo de frenado y reacción del conductor, está inadaptado a la era motorizada, desconoce las características de los vehículos y las restricciones físicas del conductor para detenerse en unos cuantos metros”. (Mier; 1987, 22).

El conductor es el medio humano por el cual el vehículo tiene movimiento y controla sus maniobras, por lo tanto el vehículo puede transformarse de un objeto de primera necesidad en una arma homicida que con el leve movimiento de un pedal puede acabar con la vida de muchas personas.

El usuario tiene dos limitaciones: la visibilidad y el tiempo de reacción, la visibilidad es un factor muy importante para la buena conducción y siempre es considerado por el proyectista de caminos por su gran importancia. La visibilidad del conductor esta limitada por la capacidad de sus ojos y al realizar el proyecto de un camino deben tomarse en cuenta la agudeza visual, la percepción de los colores, la visión periférica, la recuperación al deslumbramiento y la profundidad de percepción.

El ojo normal esta capacitado para ver un ángulo de 180° sin distinguir detalles en las orillas ya que la visión es sensiblemente determinada en un cono de 20°, bastante clara entre 5 y 6 grados y la mayor agudez vital corresponde a una abertura de solo 3°. Las personas con visión de túnel tienen un ángulo de visión menor y si este llegara a ser inferior a 140° no deben manejar. La visión de túnel se produce en todos los conductores, al aumentar la velocidad disminuye el ángulo de visibilidad y aumenta la distancia a que está enfocada la vista, por ejemplo a 30 kph el ángulo es de 100° y la vista esta enfocada a 150 m, a 96 kph el ángulo se reduce a 40° y la distancia aumenta hasta 500 m.

Las reacciones de un conductor pueden ser condicionadas y psicológicas. Las reacciones físicas o condicionadas son aquellas que ocurren inconscientemente y son producto de los hábitos creados en el usuario. Las reacciones psicológicas son el producto de un proceso intelectual que principia con la percepción de un estímulo, un juicio y la ejecución de una orden.

La mayor parte de los conductores tienen experiencia, por lo que han creado ciertos hábitos y reaccionan en forma condicionada, este acto debe ser tomado en cuenta al momento de proyectar una carretera. Si en tramo de camino se han ubicado varias curvas suaves y es necesario disponer una de grado grande, se recomienda que las curvas próximas a la mas forzada sean de grado variable, realizando el cambio de curvatura lentamente y no de forma brusca, esto obligara a los conductores a reducir su velocidad y no ser sorprendidos por el cambio efectuado.

### **1.3.3 El vehículo.**

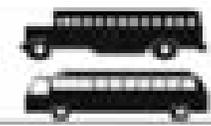
Otro elemento que constituye el tránsito es el vehículo y sus características geométricas están determinadas por sus dimensiones y su radio de giro. Debido a la amplia variedad de vehículos existentes y a la rápida transformación que sufren día tras día, no sería posible tomar un vehículo en particular para el proyecto de los caminos sino que se toman un promedio de las características de los vehículos existentes y se consideran las tendencias futuras para que las carreteras funcionen correctamente en un futuro cercano, de ahí nace la idea del vehículo de proyecto.

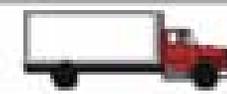
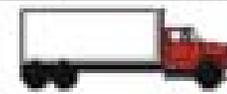
La forma de mencionar a los vehículos de proyecto depende de la separación en centímetros entre los ejes extremos, como por ejemplo, el vehículo DE-610 tiene una distancia entre los ejes extremos de 6.10 metros.

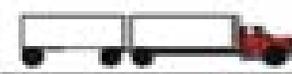
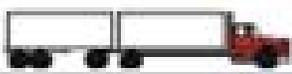
El radio de giro en un vehículo es la circunferencia trazada por la llanta delantera extrema al hacer un giro por el automóvil, el radio mínimo se efectúa cuando se realiza un giro muy despacio con las ruedas torcidas al máximo posible.

De acuerdo con la SCT los vehículos se clasifican fundamentalmente en dos grupos: vehículos ligeros y vehículos pesados, los vehículos ligeros los conforman los que tienen dos ejes y cuatro ruedas que son automóvil, camioneta, unidades ligeras de carga, entre algunos otros y los vehículos pesados tales como camiones de carga (tipo C) y autobuses (tipo B) y caen dentro de esta clasificación todos aquellos que tienen dos o más ejes y 6 o más llantas.

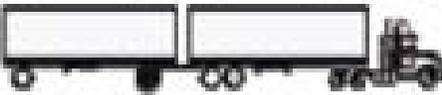
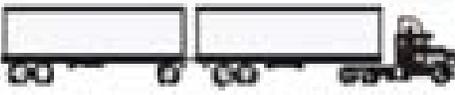
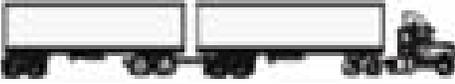
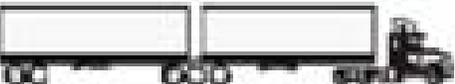
Fig. No. 1.1 Clasificación de los vehículos.

AUTOBUS ( B )			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
B2	2	6	
B3	3	8 ó 10	
B4	4	10	

CAMIÓN UNITARIO ( C )			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C2	2	6	
C3	3	8-10	

CAMIÓN - REMOLQUE ( C - R )			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C2-R2	4	14	
C3-R2	5	18	
C2-R3	5	18	
C3-R3	6	22	

TRACTOCAMIÓN ARTICULADO			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1	3	10	
T2-S2	4	14	
T3-S2	5	18	
T3-S3	6	22	

TRACTOCAMIÓN DOBLEMENTE ARTICULADO			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1-R2	5	18	
T3-S1-R2	6	22	
T3-S2-R2	7	26	
T3-S2-R3	8	30	
T3-S2-R4	9	34	
T3-S3-S2	8	30	

Las características de operación de los vehículos están definidas básicamente por su peso estando cargados y por la potencia de su motor, de la relación peso/potencia de cualquier vehículo influye directamente la acción de que puedan acelerar o desacelerar más o menos rápidamente, y se toma en cuenta ya que interviene en el proyecto del alineamiento vertical y capacidad del camino.

La aceleración de un vehículo se realiza cuando la fuerza tractiva que genera el motor es mayor que las fuerzas que se oponen al movimiento, cuando la fuerza tractiva es menor a las fuerzas de oposición se provoca la desaceleración y si las fuerzas son iguales entonces el vehículo se mueve a velocidad constante, nombrada velocidad de régimen. La fuerza con la que cuenta un vehículo para acelerar o desacelerar depende de la fuerza tractiva neta del vehículo, resultado de restar a la fuerza del motor todas las resistencias internas como externas, pérdidas de potencia por altura y las fuerzas de resistencia al movimiento las cuales son: resistencia al movimiento causada por la fricción entre las llantas y el pavimento y por la propia deformación de la llanta, que depende de muchos factores, del tipo de rodamiento, medida, dibujo, estado, presión de inflado y velocidad de rotación de las llantas y del peso del vehículo.

Las resistencias de rodamiento son variables dependiendo del estado de la superficie de rodamiento.

La resistencia por fricción de frenado producida entre llanta y pavimento, está en función del peso del vehículo y el coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y pavimento.

Resistencia por pendiente es cuando la pendiente de una tangente es ascendente, la cual ofrece resistencia al movimiento del vehículo la cual está en función del peso del vehículo y de pendiente longitudinal.

#### **1.3.4 El camino.**

El camino es la faja de terreno que se modifica a las necesidades que se requieran para el tránsito de vehículos por transitar. Y los caminos se clasifican en distintas formas como:

Clasificación de transitabilidad, camino pavimentado son transitables en todo tiempo, caminos revestidos son transitables en todo tiempo, caminos de terracerías los cuales solo son transitables en tiempo de secas, clasificación de la SCT en montañoso, lomerío y plano, clasificación de capacidad en autopistas, caminos de dos carriles y brechas, la clasificación administrativa que es en caminos federales, caminos de cooperación bipartita, caminos de cooperación tripartita y caminos de cuota.

Clasificación SCT. Conforme al tránsito diario promedio anual (TDPA):

Tipo A: Con TDPA de 3,000 vehículos en adelante.

Tipo B: Con TDPA de 1,500 a 3,000 vehículos.

Tipo C: Con TDPA de 500 a 1,500 vehículos.

Tipo D: Con TDPA de 100 a 500 vehículos.

Tipo E: Con TDPA de hasta 100 vehículos.

#### **1.4 Velocidad.**

En concordancia con Mier (1987), la velocidad es un factor primordial con el cual se mide la eficiencia de una carretera ya que con mayor rapidez y seguridad se transporten personas y mercancías es de gran utilidad.

Las velocidades principales que intervienen en el proyecto de una carretera son: de proyecto, de operación, de punto y efectiva o global.

La velocidad de proyecto es la velocidad máxima con la que pueden transitar los vehículos con seguridad en un cierto tramo en una carretera y es la que rige las características del proyecto y la elección de la velocidad de proyecto se hace tomando en cuenta ciertos factores del lugar como la topografía de la región, por el tipo de camino, por los volúmenes de tránsito y por el uso de la tierra. Una vez obtenida la velocidad de proyecto de un camino se deben diseñar

las características geométricas del mismo en función de la velocidad de proyecto con el fin de obtener un proyecto equilibrado.

Todo camino debe de proyectarse con una misma velocidad siempre y cuando esto sea posible ya que en ocasiones esto no se puede lograr por circunstancias distintas como por la topografía del terreno y del uso de la tierra, por lo que es indispensable hacer cambios en la velocidad de proyecto, los cambios debe hacerse mediante transiciones suaves que permitan a los conductores ajustar su velocidad gradualmente y nunca de forma brusca, las velocidades de proyecto recomendables son de 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 y 110 kilómetros por hora.

La velocidad de operación es la velocidad mantenida en un tramo a lo largo de un camino mientras el vehículo esta en movimiento, se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo de recorrido, la velocidad de operación es la velocidad real con la que transitan los vehículos sobre el camino y es un índice del grado de eficiencia que dá la carretera a los usuarios.

La velocidad de punto es la que lleva un vehículo cuando pasa por un punto dado de un camino, la velocidad de punto se puede medir de diferentes maneras una de ellas es por medio del enoscopio, este instrumento funciona como un periscopio colocado horizontalmente, los vehículos se observan al pasar por una marca enfrente del observador cuando se hecha andar un cronometro al pasar el

vehículo y se detiene cuando cruza una segunda marca que se observa por el enoscopio.

La velocidad efectiva o global es la velocidad promedio mantenida que tiene un vehículo a lo largo de un camino desde que inicia en movimiento de un punto a otro, se obtiene dividiendo la distancia total recorrida entre el tiempo que se lleva en recorrerla, incluyendo altos y retrasos debidos a las circunstancias del camino y esta velocidad sirve para comparar la fluidéz de diferentes rutas o de una misma cuando se han hecho cambios y se quiere conocer los efectos provocados.

### **1.5 Volumen de tránsito.**

En acuerdo con Mier (1987), el volumen de tránsito es el número de vehículos que transitan por un punto dado en un carril o carriles en una dirección o direcciones en un cierto periodo de tiempo, siendo los periodos mas usuales es la hora y el día.

El Volumen Promedio Diario Anual (VPDA) es el número de vehículos que pasan en un punto dado del camino durante un año y dividido en 365 días.

El Volumen Máximo Horario Anual (VMHA) es el número de vehículos más alto que circulan en cierta hora en un determinado año. El VPDA no es apropiado para el proyecto de un camino, ya que no indica la variación que existe durante los meses del año, los días de la semana y las horas del día. Una forma para obtener

el volumen horario apropiado para el proyecto es formar una gráfica en la que se muestren las variaciones del volumen horario durante el año, el Volumen Horario del Proyecto (VHP) debe ser el volumen horario máximo en la hora 30, lo que significa que es aquel que durante año completo solo es superado por otros 29 volúmenes horarios del mismo año.

Los volúmenes de tránsito se pueden obtener de maneras diferentes, de datos estadísticos o ser tomados directamente mediante conteos del tránsito en forma manual o mecánica.

La forma más sencilla y económica de realizar el conteo manual es el de muestreos, aunque este tipo de conteo es de tipo imperfecto, ya que los resultados obtenidos no son totalmente confiables por que se tienen variaciones del tránsito con las diversas estaciones, en los meses del año, con obras ocasionales, etc.

El conteo automático de los vehículos se realiza por medio de diversos dispositivos como es el de contador neumático que esta formado por un tubo de goma flexible que se instala transversalmente en la carretera, cerrado en uno e sus extremos y el otro esta unido al contador, que al pasar el vehículo se produce un exceso de presión de aire en el tubo el cual se transmite a una membrana que actúa sobre el contador por medio de un circuito eléctrico.

Los contadores electromagnéticos van colocados dentro del pavimento y al paso de las masas metálicas de los vehículos provoca un cambio en la intensidad de la corriente que se recoge en un tránsito. Los contadores de presión-contacto consisten en un electroimán colocado en una caja bajo la superficie de rodamiento la cual tiene una tapa metálica con resorte que al ser presionada por la llanta del vehículo produce una corriente eléctrica que es registrada.

Los estudios de origen y destino se consideran los mas completos para el áforo de vehículos, ya que por medio de el se conocen los volúmenes de tránsito, tipos de vehículos, el origen y el destino del viaje, tipo de carga y tonelaje, número de pasajeros, dificultades que se presentan en el recorrido, modelos y marcar de los vehículos.

### **1.6 Densidad de tránsito.**

La densidad es el número de vehículos que se encuentran en un tramo de una carretera en un momento dado, la densidad no es igual al volumen de tránsito ya que el volumen es número de vehículos que pasan en un determinado tiempo, de tal manera que cuando un camino se encuentra congestionado el volumen puede llegar a ser cero en tanto que la densidad es muy alta.

## **1.7 Derecho de vía.**

Se considera derecho de vía a la franja de terreno que se adquiere para la construcción de una vía de comunicación y que es parte de la vía de comunicación de un ancho suficiente dependiendo del tipo de camino.

“El ancho del derecho de vía se establece conforme a los requerimientos técnicos relacionados con la seguridad, utilidad especial y eficiencia del servicio que deben satisfacer las vías de comunicación. Para caminos en México se ha establecido un derecho de vía mínimo de 40 metros, 20 metros a cada lado del eje de la carretera. En casos especiales se puede aumentar o disminuirse la anchura indicada”. (Mier; 1987, 57).

## **1.8 Capacidad y nivel de servicio.**

La capacidad es una medida de la eficiencia de un camino o carretera lo que significa que es el número máximo de vehículos que pueden transitar por debajo de las condiciones prevalecientes del camino y tránsito en un periodo dado de tiempo. Las condiciones prevalecientes del camino son principalmente los alineamientos vertical y horizontal y el número y ancho de carriles.

El nivel de servicio es una medida cualitativa del resultado de una serie de factores, tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, la seguridad, la comodidad y libertad de manejo, los costos de operación

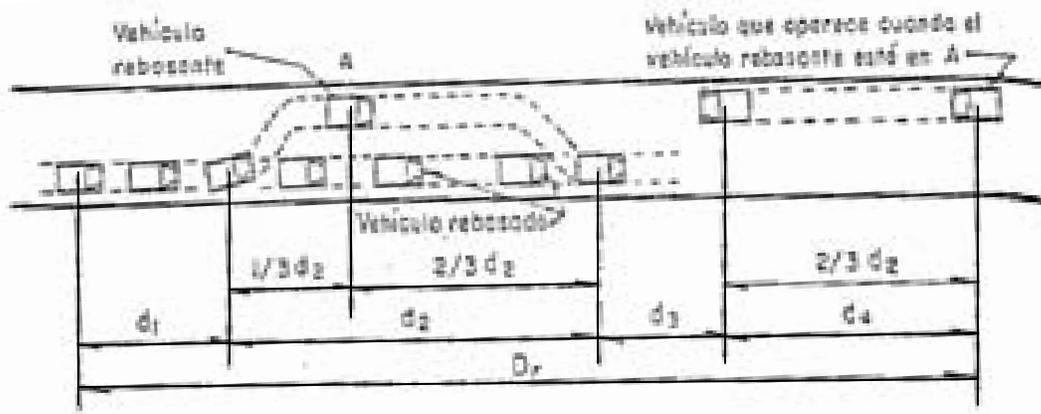
entre otros, que determinan condiciones de operación diferentes que ocurren en un camino cuando se presentan diferentes volúmenes de tránsito. Un camino opera a muchos niveles de servicio, dependiendo de los volúmenes y composición del tránsito y de las velocidades que llegan alcanzar.

El volumen de servicio es el volumen de tránsito correspondiente a un determinado nivel de servicio y el volumen de servicio máximo es igual a la capacidad.

### **1.9 Distancia de visibilidad.**

“La distancia de visibilidad de parada es la necesaria para que un vehículo moviéndose a la velocidad de proyecto pueda detenerse antes de llegar a un objeto fijo en su línea de circulación. La distancia de visibilidad de parada ( $d_r$ ) es igual a la distancia de reacción ( $d_r$ ) mas la distancia de frenado ( $d_f$ )”. (Mier; 1987,93).

La distancia de visibilidad de rebase es la necesaria para que un vehículo pueda adelantarse a otro que va en su misma dirección de circulación y no vaya a ocurrir una colisión con otro vehículo que vaya en sentido contrario.



$d_1$  = Distancia recorrida durante el tiempo de reacción y durante la aceleración inicial hasta el punto en donde el vehículo rebasante invade el carril izquierdo.

$d_2$  = Distancia recorrida por el vehículo rebasante desde que invade el carril izquierdo hasta que regresa a su carril.

$d_3$  = Distancia entre el vehículo rebasante al terminar su maniobra y el vehículo que viene en sentido opuesto.

$d_4$  = Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto.

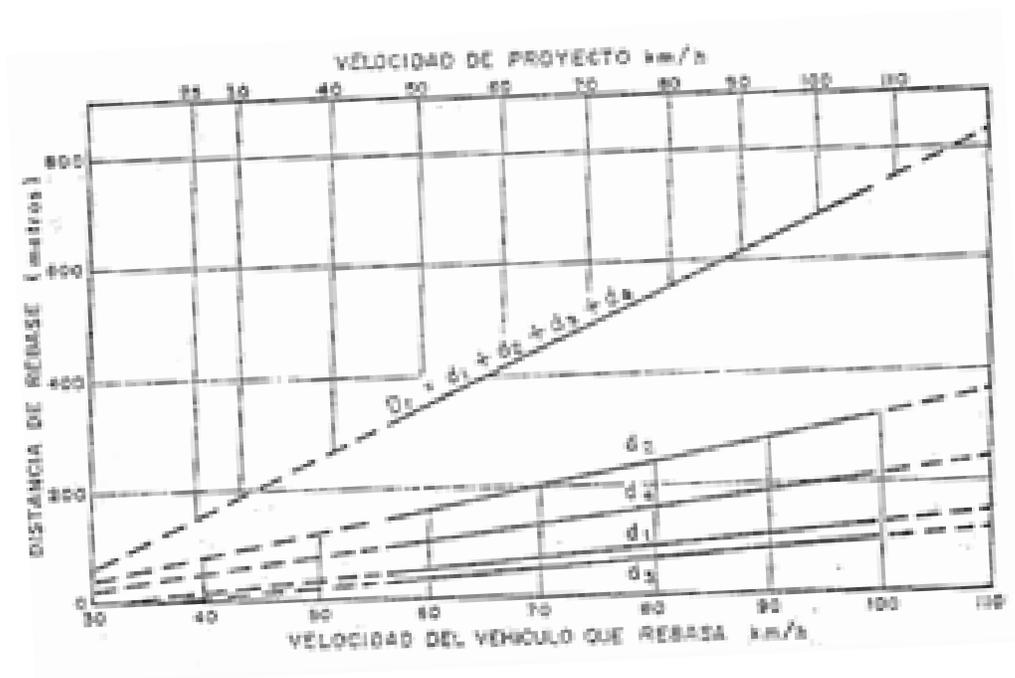


Fig. No. 1.2 Maniobra de rebasa según AASHO.

## **1.10 Mecánica de suelos.**

La mecánica de suelos es una de las ramas más importante de la ingeniería civil puesto que para cualquier tipo de obra se requiere de la mecánica de suelos ya sea en hidráulica como en las presas, en edificaciones y como en este caso en las carreteras.

Con lo mencionado por Arias (1984), 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 ingeniería que relacionados con los sedimentos, producidos por la desintegración de las rocas ya sea por efecto de la desintegración mecánico o descomposición químico. El suelo es el material formado por partículas minerales y vacíos, los cuales pueden o no estar ocupados por agua.

### **1.10.1 Tipos de suelos.**

Por lo descrito por Arias (1984), los suelos residuales son aquellos que se localizan en el lugar donde fueron formados, este tipo de suelo son por lo general buenos para resistir una edificación sobre cimentaciones superficiales, a excepción de cuando se presentan huecos en este suelo por la filtración del agua o el hecho de que sobre el suelo exista un alto índice de intemperismo

Los suelos transportados son aquellos que se depositan en sitios diferentes al de su origen, los principales agentes de transporte son el viento, el agua, los glaciares, la gravedad, de acuerdo a su forma de transporte se dividen en:

Suelos aluviales los cuales su principal agente de transporte es el agua, suelos lacustres que son los de acarreo por ejemplo en un lago que se forman depósitos de partículas finísimas, suelos eólicos que han sido transportados y depositados por el viento y depósitos de pie de monte los están formados por la acción directa de la gravedad.

### **1.10.2 Propiedades volumétricas y gravimétricas.**

Para identificar racionalmente los suelos, prever su posible comportamiento mecánico facilitar la solución de los problemas que se presenten, se han establecido relaciones entre los pesos y los volúmenes de las fases en juego la sólida, la líquida y la gaseosa. Un suelo formado por las fases sólida y líquida se denomina suelo saturado, uno constituido por las fases sólida y gaseosa es un suelo seco y uno integrado por las tres fases es un suelo parcialmente saturado.

La granulometría es parte de la mecánica de suelos que estudia lo referente a las formas y la distribución de tamaños de las gravas o partículas que constituyen un suelo, las formas de las partículas de cualquier suelo son diversas clasificándose en equidimensionales, placas y tubulares. Las formas equidimensionales se dividen en muy redondeadas, redondeada, subredondeada, subangulares y angulares.

El análisis granulométrico se efectúa en suelos gruesos, tales como el tamaño va de 0.074 a 76.2 mm. El comportamiento mecánico e hidráulico de los suelos gruesos bien graduados, o sea aquellos que tienen una amplia gama de tamaños, es más favorable que los suelos de granulometría muy uniforme o uniforme.

La medición del tamaño de los granos de un suelo se puede realizar de la siguiente manera:

a) Análisis Directo. Este tipo de medición se realiza en granos mayores de 3 pulgadas de tamaño y se realiza por medio de aparatos de precisión manuales (Vernier).

b) Medición con mallas. Este tipo de análisis mecánico consiste en ordenar en forma descendente una serie de mallas, depositando el suelo en el juego de mallas agitándolas en forma horizontal y vertical durante unos 5 o 10 minutos, después se pesa el material retenido en cada malla y se calcula el porcentaje retenido en cada malla con respecto al peso total de la muestra y el porcentaje que pasa respecto a dicho total.

Para el análisis de la granulometría de los suelos finos menores a 0.074 mm se utilizan otros procedimientos como el denominado del hidrometro. La distribución del tamaño de las partículas constitutivas de un suelo grueso se expresa gráficamente mediante una curva de distribución granulométrica, para

realizar la curva se utiliza el eje de las ordenadas a fin de localizar el porcentaje de partículas en peso, cuyo tamaño resulta menor que el diámetro dado por el eje de las abscisas.

En acuerdo con Arias (1984) La plasticidad de un cuerpo es la capacidad o propiedad de un material de deformarse sin sufrir un rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse. Existen diferentes criterios para medir la plasticidad de las arcillas, aunque el más utilizado es el de Atterberg, la plasticidad de las arcillas no es una propiedad permanente ya que depende del contenido de agua, existen diferentes estados de los suelos finos en función del contenido de agua los cuales son:

ESTADO DE CONSISTENCIA	LIQUIDO	SEMILÍQUIDO	PLÁSTICO	SEMISOLIDO	SOLIDO
PROPIEDADES Y CARÁCTER DEL SUELO	SUSPENSIÓN	COMPORTAMIENTO DE UN FLUIDO VISCOSO	COMPORTAMIENTO PLÁSTICO	DISMINUCIÓN DEL VOLUMEN AL PERDER HUMEDAD (CONTRACCIÓN)	NO DISMINUYE VOLUMEN AL SECARSE

Fig. No. 1.3

En el cuadro anterior se ven los estados por el cual pasa el suelo al irse secando, para definir las fronteras entre cada estado, atterberg estableció los límites de consistencia, entre los más importantes son:

a) Limite Líquido (LL).- Contenido de agua de un suelo fino para el cual este tiene una resistencia al esfuerzo cortante de 25 gr. /cm<sup>2</sup>.

b) Limite Plástico (LP).- Es el contenido de agua según el cual el suelo comienza a perder sus propiedades plásticas para pasar a un estado semiplástico.

c) Limite de Contracción (LC).- Cuando un suelo pierde agua, normalmente su volumen disminuye y esto se debe principal a las fuerzas de tensión capilar que son producidas por el agua intersticial.

### **1.10.3 Clasificación de suelos.**

Entre las primeras clasificaciones del suelo sobresale la de A. Casagrande que es la que da pie a al llamado Sistema Unificado de Clasificación de Suelos de siglas SUCS y que distingue a los suelos finos de los gruesos.

A lo que respecta a los suelos gruesos el SUCS, considera a cada grupo representándolo con dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos como es:

SIMBOLO	SIGNIFICADO
G	Gravas
S	Arenas

Las gravas y las arenas se separan en la malla No. 4 (4.76 mm) o sea, un suelo será del grupo G si mas del 50 % de su fracción gruesa es retenida en la malla No. 4 y si ocurre lo contrario, que pasa mas de 50 % del material la malla No. 4 y se retiene en la No. 200 pertenece al grupo S.

Las gravas y las arenas dan lugar a la siguiente clasificación, dependiendo de las características de limpieza, graduación y porcentaje de finos en cada grupo:

SIMBOLO	CARACTERISTICAS
W	Material limpio de finos, bien graduado.
P	Material limpio de finos, mal graduado.
M	Material con finos no plásticos.
C	Material con finos plásticos.

En lo que se refiere a los suelos finos el SUCS, también hace grupos formados por dos letras mayúsculas como son:

SIMBOLO GENERICO	MATERIAL
M	Limos inorgánicos.
C	Arcillas inorgánicas.
O	Limos y arcillas orgánicas.

De estos tres tipos se dividen a su vez, de acuerdo a su límite líquido, en dos grupos, si el LL es menor de 50 %, se le agrega el símbolo genérico la letra L (low compressibility), que representa a suelos de compresibilidad media o baja, y a los suelos finos con un limite liquido mayor al 50 %, los que son de compresibilidad alta, se les añade el símbolo genérico la letra H (high compressibility).

Fig. No. 1.4 Características de utilización de los suelos.

SIMBOLO	COMO MATERIAL DE TERRAPLEN	COMO SUBGRANTE	COMO BASE	COMO PAVIMENTO PROVISIONAL	
				CON REVESTIMIENTO LISADO	CON TRATAMIENTO ASFALTICO
G W	Muy estable	Excelente	Muy buena	Regular a mala	Excelente
G P	Estable	Buena a excelente	Regular	Pobre	Regular
G H	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 compactado	Regular a buena	Mala	Mala	Regular a mala
S H	Razonablemente estable en estado compactado	Regular a buena	Mala	Mala	Regular a mala
S C	Razonablemente estable	Regular a buena	Regular a mala	Excelente	Excelente
W L	Mala estabilidad si no está muy compactado	Regular a mala	No debe usarse	Mala	Mala
C L	Buena	Regular a mala	No debe usarse	Mala	Mala

Nota: Los siguientes materiales no deben usarse por inestables, tener mala compactabilidad y baja resistencia al cortante: limos (S L, W W); Arcillas (C H, W); Turba y suelos orgánicos (F I).



## **CAPÍTULO 2**

### **DRENAJE**

En el presente capítulo se describe los factores que influyen para la determinación de un buen drenaje dependiendo de las características en particular de la zona en la cual se va a construir la carretera, como los diversos sistemas de drenaje tanto superficiales como subterráneos.

#### **2.1 Antecedentes.**

Durante las tres primeras décadas del siglo XIX, dos ingenieros británicos, Thomas Telford y John Loudon McAdam, y un ingeniero de caminos francés, Pierre-Marie-Jérôme Trésaguet, perfeccionaron los métodos y técnicas de construcción de carreteras y sistemas de drenaje. El sistema de Telford implicaba cavar una zanja e instalar cimientos de roca pesada. Los cimientos se levantaban en el centro para que la carretera se inclinara hacia los bordes permitiendo el desagüe. La parte superior de la carretera consistía en una capa de 15 cm de piedra quebrada compacta.

McAdam mantenía que la tierra bien drenada soportaría cualquier carga. En el método de construcción de carreteras de McAdam, la capa final de piedra quebrada se colocaba directamente sobre un cimiento de tierra que se elevaba del terreno circundante para asegurarse de que el cimiento desaguaba. El sistema de McAdam, llamado macadamización, se adoptó en casi todas partes, sobre todo en

Europa. Sin embargo, los cimientos de tierra de las carreteras macadamizadas no pudieron soportar los camiones pesados que se utilizaron en la I Guerra Mundial. Como resultado, para construir carreteras de carga pesada se adoptó el sistema de Telford, ya que proporcionaba una mejor distribución de la carga de la carretera sobre el subsuelo subyacente.

## **2.2 Objetivo.**

El principal objetivo del drenaje de los caminos es en reducir la máximo posible la cantidad de agua que llega al camino y dar salida lo mas rápido posible por el daño que ocasiona al pavimento y las perdidas de estabilidad en las terracerías.

## **2.3 Hidrología.**

El Federal Council for Science an Technology for Scientific Hidrology en 1959 define la hidrología como “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”. Que a su vez los cita (Aparicio; 1989, 13).

Para fines de la ingeniería civil la definición es la ciencia que se ocupa del estudio del agua que pueden ser aprovechadas o controladas en forma superficial y subterránea.

### **2.3.1 Antecedentes Históricos de la Hidrología.**

El estudio del agua se ha efectuado desde tiempos remotos, los romanos en la persona de Marcos Vitruvius (15 A.C.) nos dieron una versión del ciclo del agua incluyendo la infiltración del agua al subsuelo, después Bernardo Palissy (1509 – 1589), filósofo francés y Leonardo Da Vinci (1452 – 1519), quienes perfeccionaron el conocimiento del ciclo hidrológico, especialmente sobre la infiltración del agua de lluvia y su retorno a la superficie a través de manantiales, se puede considerar que la hidrología nació en el siglo XVII, cuando dos científicos franceses determinaron la fuente de abastecimiento de los ríos, Pierre Perrault (1608 – 1680) y Edmé Mariotte (1620 – 1682), varios años después Edmund Halley (1656 – 1742) famoso astrónomo británico, publicó estudios de evaporación del mar mediterráneo, durante el siglo XVIII florecieron estudios experimentales de hidráulica como el piezómetro de Bernoulli, el tubo de Pitot, el medidor de corriente de Wolfman, Teorema de Bernoulli y la fórmula de Chezy, de 1930 a 1950 se aplicaron análisis racionales a las bases empíricas para resolver problemas hidrológicos, después del año 1950 los adelantos técnicos se han usado extensivamente en problemas de hidrología.

### **2.3.2 Ciclo hidrológico.**

Es la interminable circulación que siguen las partículas del agua en cualquiera de sus tres estados físicos. El ciclo hidrológico se lleva a cabo en tres estratos del sistema terrestre: la atmósfera, la litosfera y la hidrosfera.

El vapor del agua producto de la evaporación, se condensa en la atmósfera formando nubes, las que al reunir ciertas condiciones se precipitan llegando a la tierra al suelo o a los océanos. Parte del agua que se precipita puede ser interceptada por la cubierta vegetal, escurrir sobre la superficie de los suelos o infiltrarse en el subsuelo; gran parte del agua interceptada, de la transpirada por las plantas y de la que escurre superficialmente, vuelve al aire al evaporarse. El agua infiltrada puede percolar a zonas profundas, almacenándose en depósitos subterráneos llamados acuíferos, los cuales pueden aflorar como manantiales, agregándose a depósitos o a corrientes superficiales y llegar a los mares y océanos para ser evaporada cerrando así el ciclo del agua.

Entonces en el ciclo hidrológico se observa que intervienen procesos complicados de evaporación, precipitación, transpiración, infiltración, precolación, almacenamiento y escurrimiento.



Fig. No. 2.1 Ciclo hidrológico.

Como lo describe Monsalve (1999), para representar el ciclo hidrológico se han hecho diferentes diagramas, algunos meramente descriptivos, otros cualitativos y otros cuantitativos como el que se muestra a continuación.

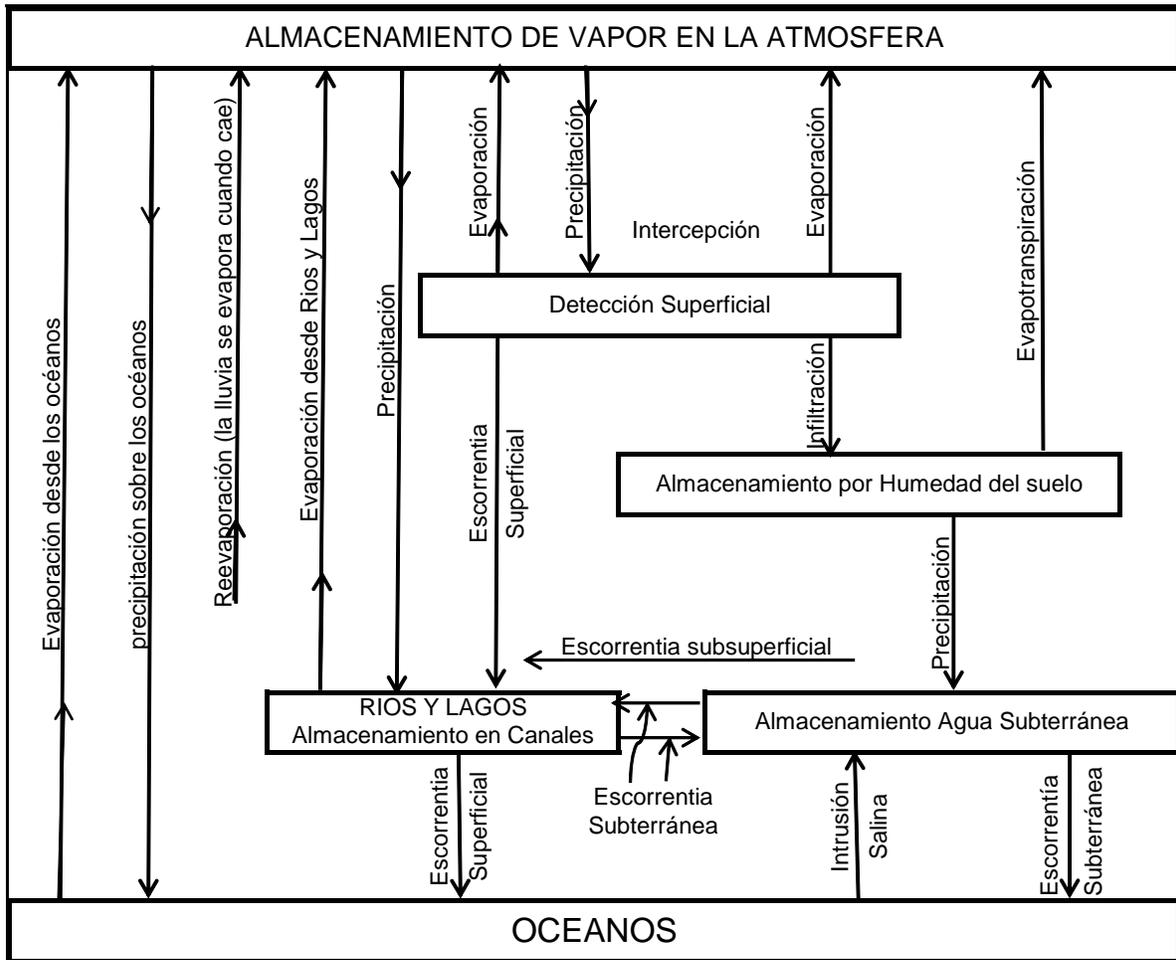


Fig. No.2.2 Ciclo hidrológico esquematizado.

### **2.3.3 Fisiografía de la cuenca hidrológica.**

La cuenca es el área que contribuye su escurrimiento y que proporciona parte o todo su flujo de la corriente principal y sus corrientes tributarias y cuyas aguas concurren superficialmente a un punto de salida y esta limitada por una línea imaginaria llamada parteaguas, la cual se encuentra formada por la unión de todos los puntos de mayor nivel topográfico y que cruza a la corriente en el punto de salida y su función es distribuir el escurrimiento producto de precipitación y de separación entre cuencas adyacentes.

El área de la cuenca es el área limitada por el parteaguas y al medirla, realmente se mide su proyección sobre el plano horizontal, utilizándose para ello el planímetro y expresando su resultado en kilómetros cuadrados.

Las cuencas pequeñas son aquellas en las que la forma y cantidad del escurrimiento resultante depende de las características físicas de la cuenca y también su forma y cantidad del escurrimiento resultante es sensible a lluvias de corta duración y alta intensidad, su área no exceden de 250 Km<sup>2</sup>.

Las cuencas grandes son de forma y cantidad del escurrimiento resultante depende del efecto de almacenamiento del cauce y también la forma y cantidad del escurrimiento resultante es sensible a lluvias de baja intensidad y larga duración, su área es mayor a 250 Km<sup>2</sup>.

### 2.3.4 Pendiente de una cuenca.

Característica de la cuenca que tiene gran influencia en los escurrimientos de la corriente, existen varios criterios de cálculo los cuales son:

- a) Criterio Alvort.- Se basa en la pendiente existente entre las líneas intermedias de las curvas de nivel, aplicando la formula:

$$Sc = DL / Ac$$

Donde:

D = Desnivel constante entre curvas de nivel (L).

L = Longitud total de las curvas de nivel dentro de la curva (L).

Ac = Área de la cuenca (L<sup>2</sup>).

- b) Criterio de Horton.- Consiste en determinar la pendiente de la cuenca en dos direcciones, para posteriormente determinar la pendiente general de la cuenca.

$$Sc = 1/2 (Nx D/Lx + Ny D/Ly)$$

$$Sc = 1/2 (Sx + Sy)$$

Donde:

Sx = Pendiente de la cuenca en la dirección x.

Sy = pendiente de la cuenca en la dirección y.

Nx = Numero de intersecciones con las curvas de nivel en la dirección x.

$N_y$  = Numero de intersecciones con las curvas de nivel en la dirección y.

$L_x$  = Longitud total en dirección x.

$L_y$  = Longitud total en dirección y.

D = Desnivel constante entre curvas de nivel.

- c) Criterio de Nash.- Se debe trazar una cuadrícula sobre el plano topográfico de la cuenca, de manera tal que se obtengan aproximadamente, por lo menos 100 intersecciones dentro del área de la cuenca, en cada uno de los cuales se mide la distancia mínima entre las curvas de nivel y la pendiente en este punto se considera como la relación existente entre el desnivel de las curvas de nivel y la mínima distancia medida en ese punto.

### **2.3.5 Red de drenaje.**

Es una característica de cualquier cuenca que influye en la magnitud de los escurrimientos, la cual se refiere a la forma, numero, arreglo y trayectoria de los causes de las corrientes naturales dentro de la cuenca.

Las características de una red de drenajes son:

1. Orden de las Corrientes.- la red de drenaje se compone de una corriente o cause principal y una serie de afluentes o causes secundarios.

- a) Corriente de Primer Orden.- Es aquella corriente que no tiene ningún tributario.
- b) Corriente de Segundo Orden.- Corrientes que tienen tributarios de primer orden.
- c) Corriente de Tercer Orden.- De orden 3, son aquellas de corrientes que tienen 2 o más tributarios de Segundo Orden.
- d) Corriente de Enésimo Orden.- Es la corriente principal, orden "n" es aquella que tiene "n-1" tributarios de Orden "n-1".

2. Densidad de drenaje.- Expresa la longitud de corrientes por unidad de área y se define como:

$$Dd = Lc / A$$

Donde:

Dd = Densidad de drenaje.

Lc = Longitud total de las corrientes perennes e intermitentes en Km.

A = Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

Pendiente del cauce.

Existen tres métodos para evaluar la pendiente del cauce de una corriente y todos ellos requieren contar como dato el perfil del fondo del cauce.

Primer Criterio.- Se define como pendiente del cauce a la relación de la diferencia de elevaciones de los extremos del tramo en estudio entre la distancia existente entre ellos:

$$S_c = (\text{Elevación en B} - \text{Elevación en A}) / \text{Longitud A} - \text{B}$$

Segundo Criterio.- Se busca una línea recta que compense las superficies que se forman entre el perfil real del cauce y la línea compensadora, siendo el área superior aproximadamente igual a la inferior con respecto a la línea compensadora.

$$S_c = (\text{Elevación en B} - \text{Elevación en A}) / \text{Longitud Equivalente A}' - \text{B}'$$

Tercer Criterio: Taylor y Schwarz evalúan la pendiente del cauce, basándose en una ecuación que considera que el río está formado por una serie de canales con pendiente uniforme, cuyo tiempo e recorrido, es igual al del río.

$$S = \left[ \frac{m}{1/S^{1/2} + 1/S^{1/2} + 1/S^{1/2} + \dots 1/S^{1/2}} \right]^2$$

## **2.4 Precipitación.**

En acuerdo con Monsalve (1999), el agua que cae de una nube o grupo de nubes a la tierra en cualquier de sus estados físicos, líquido o sólido, cristalizadas o amorfas.

Los tipos de precipitación son:

a) **Ciclónica.-** Este tipo de lluvia es debida al conjunto de fenómenos meteorológicos, llamados ciclones, los cuales son centros de baja presión que hacen que los vientos calientes y muy húmedos asciendan rápidamente al llegar al torbellino ciclónico, llevándose con ellos a las nubes, con lo cual se expanden y bajan de temperatura.

b) **Convectiva.-** Son lluvias que se originan por el enfriamiento de las nubes debido a la expansión de la masa de aire húmedo, cuando esta asciende arrastrada por corrientes convectivas a una capa más alta y de menos presión.

c) **Orográfica.-** Es el resultado de la elevación mecánica de las masas de aire húmedo al encontrar accidentes en el terreno o barreras de montañas, aunado a la presión del viento, debido a la elevación hay expansión y disminución de la temperatura al encontrarse con capas de menor presión, lo cual provoca la precipitación.

d) Por Choques de Masas de Aire.- Este tipo de precipitación se produce al encontrarse dos masas de aire, una de ellas fría y la otra caliente y húmeda, la fría circula debajo por su mayor densidad, subiendo por encima de esta la caliente, como si se tratara de una montaña enfriándose como en el caso de la orografía.

e) Por Radiación.- La radiación de calor emitida por el aire muy húmedo cercano a la superficie del suelo es débil y únicamente origina precipitaciones muy ligeras tales como brumas, nieblas matutinas y rocío.

#### **2.4.1 Elementos climatológicos.**

Temperatura del Aire.- Para medir la temperatura del aire se utiliza el termómetro el cual debe colocarse en condiciones tales que permita la libre circulación del aire alrededor y protegerse de los rayos del sol y de la precipitación.

Dirección y Velocidad del Viento.- El viento que es el aire en movimiento es un factor importante en la evaporación y en la precipitación, para ubicar la dirección del viento se utiliza la veleta y para medir la velocidad se emplea el anemómetro de copas o de hélice el cual registra el número de revoluciones de acuerdo a la acción del viento.

PRECIPITACIÓN.- La precipitación se expresa comúnmente en términos de altura de la lámina de agua y se expresa en milímetros, el pluviómetro es el aparato para medir cualquier tipo de precipitación pluvial.

EVAPORACIÓN.- La evaporación es un fenómeno relacionado con la temperatura y para medirla se utiliza un aparato denominado evaporímetro, la evaporación se registra en milímetros.

#### **2.4.2 Precipitación Media hp.**

Métodos.

- 1) Aritméticos (un promedio).
- 2) Polígonos de Thiessen.
- 3) Isoyectas.

1) Método del Promedio Aritmético.- Se consideran únicamente las alturas de precipitación de las estaciones climatológicas dentro de la cuenca o zona en estudio.

2) Polígonos de Thiessen.- Primero se deben conocer exactamente la localización de las estaciones climatológicas y plasmarlas en el plano de la cuenca, considerando las estaciones dentro de la cuenca como las más cercanas a ella.

3) Método de las Isoyectas.- Son curvas que unen puntos de igual altura de precipitación, se requiere disponer del plano de isoyectas del área en estudio.

$$H_p = \frac{\text{Volumen de precipitación acumulada}}{\text{Área acumulada}}$$

## **2.5.- Escurrimiento.**

Según Aparicio (1989), el escurrimiento tiene su origen en la precipitación, circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca.

El flujo sobre el terreno, junto con el escurrimiento en corrientes, forma el escurrimiento superficial su fuente es la lluvia no infiltrada, el escurrimiento subsuperficial que su fuente es parte de la precipitación que se infiltra es el agua que escurre cerca de la superficie del suelo y el escurrimiento subterráneo el agua que se infiltra hasta niveles inferiores al freático.

La representación grafica del escurrimiento es el hidrograma o hidrógrafo que es distribución en tiempo del escurrimiento en el punto de medición que traduce la complejidad de las características de la cuenca mediante una curva empírica.

Escurrimiento total = gasto base + gasto directo

Escurrimiento base = agua subterránea

Escurrimiento directo =  $hp$

DHS = Capacidad de campo – humedad del suelo

DHS =  $Cc - Hs$

Donde:

DHS = Deficiencia de humedad del suelo.

$Cc$  = Capacidad de campo.

$Hs$  = Humedad del suelo.

$i$  = intensidad de la lluvia.

$F$  = Capacidad de infiltración.

## **2.6 Infiltración.**

Es el proceso mediante el cual el agua penetra en los estratos del suelo y se mueve hacia el manto freático por la acción de las fuerzas capilares y gravitacionales.

El agua primero satisface la humedad del suelo y después cualquier exceso pasa a formar parte del agua subterráneo. La cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones se llama capacidad de infiltración, dentro de una tormenta solo se satisface la capacidad de infiltración

mientras ocurre la lluvia en exceso, antes o después de la lluvia en exceso la capacidad de infiltración está ligada a la intensidad de la lluvia.

### **2.6.1 Los factores que afectan la capacidad de infiltración (fp).**

- a) La superficie del suelo puede obstruirse por el lavado de finos.
  
- b) La rapidez con que el agua penetra en el suelo, depende de su capacidad de transmisión la cual varía por sus diferentes horizontes del perfil del suelo.
  
- c) El almacenaje disponible en cualquier horizonte depende de su porosidad, espesor y contenido de humedad.
  
- d) La infiltración que ocurre en el inicio de la tormenta esta controlada por el volumen, tamaño y continuidad de poros no capilares.
  
- e) La capacidad de almacenaje afecta directamente a la cantidad de infiltración durante la tormenta.

Para medir la infiltración de un suelo se usan los infiltrometros, que sirven para determinar la capacidad de infiltración en pequeñas áreas cerradas.

## **2.7 Agua Subterránea.**

El agua subterránea es toda aquella que está debajo del nivel freático y representa una fracción importante de la masa de agua presente en cada momento en los continentes, con un volumen mucho más importante que la masa de agua retenida en lagos o circulante, y aunque menor al de los mayores glaciares, las masas más extensas pueden alcanzar millones de km. El agua del subsuelo es un recurso importante, pero de difícil gestión, por su sensibilidad a la contaminación y a la sobreexplotación.

El agua del suelo se renueva en general por procesos activos de recarga desde la superficie. La renovación se produce lentamente cuando la comparamos con la de los depósitos superficiales, como los lagos, y los cursos de agua. El agua de las precipitaciones (lluvia, nieve,...) se infiltra en el terreno y pasa a ser agua subterránea.

El agua subterránea se encuentra normalmente empapando materiales geológicos permeables que constituyen capas o formaciones a los que se les denominan acuíferos. Un acuífero es aquella área bajo la superficie de la tierra donde el agua de la superficie percola y se almacena. A veces se mueve lentamente al océano por flujos subterráneos. Un acuífero es un terreno rocoso permeable dispuesto bajo la superficie, en donde se acumula y por donde circula el agua subterránea.

Acuífero cautivo: se encuentra encerrado entre dos capas impermeables y solo recibe el agua de lluvia por una zona en la que existen materiales permeables. A esta zona de recarga se le llama zona de alimentación.

## **2.8 Avenida Máxima.**

Es la avenida máxima que arribara al sitio donde se construirá la obra hidráulica como es un puente, una alcantarilla entre otras.

Todas las formulas y métodos que existen para calcular el gasto máximo de diseño pueden agruparse dentro de tres grupos que son:

- a) Métodos Empíricos.
- b) Métodos Estadísticos.
- c) Métodos Basados en el Hidrograma Unitario.

Métodos Estadísticos.

- $Q_d = f$  (registros reales,  $Q$  medidos).

-Gumbel I y II.

-Nasch-

-Lebediev.

Métodos Empíricos.

- $Q_d = f(A, S_c, S_{cauce})$ .

-Creager.

## **2.9 Sistemas de drenaje superficial.**

El prever un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de un camino, el camino puede atravesar diversos suelos, permeables unos e impermeables otros, obligando a la construcción de obras de drenaje de acuerdo con las condiciones requeridas.

Existen obras de drenaje superficiales que son obras de captación y defensa tales como cunetas, contra-cunetas, bombeo, lavaderos y otras que sirven para darle rápida salida al agua de los caminos denominadas obras de cruce como las alcantarillas, puentes, puentes-vados, entre otras.

### **2.9.1 Cunetas.**

“Las cunetas son zanjas que se hacen a ambos lados del camino con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino o de todo el camino en las curvas, las dimensiones, la pendiente y otras características de las

cunetas se determinan mediante el flujo que va a escurrir por las mismas” (Crespo; 2005: 142).

Según Crespo las cunetas son construidas básicamente de forma triangular o trapecial y su diseño se origina de los principios del flujo en los canales abiertos. En un flujo uniforme, las relaciones básicas se indican mediante la conocida fórmula de Manning la cual es la siguiente.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

V = velocidad promedio en m/s.

n = coeficiente de rugosidad de Manning.

R = radio hidráulico en metros.

S = pendiente del canal en metros por metros.

La fórmula de Manning se obtiene de la de Chezy para canales en régimen uniforme:

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

En la que  $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$  que fue propuesto por Manning.



Arcilla firme	1.25
Arcilla común	0.85
Tepetate	2.00
Zampeado	4.00
Concreto	7.00

Con la ayuda de la tabla anterior se conoce si la cuneta necesitará o no protección siendo por medio de un zampeado o como sea conveniente.

### **2.9.2 Contracunetas.**

“Las contracunetas son zanjas que se hacen en lugares convenientes con el fin de evitar que llegue a las cunetas más agua que aquella para el cual están proyectadas” (Crespo; 2005: 146).

Se tiene que tener mucho cuidado al momento de diseñar las contracunetas ya que pueden ser contraproducentes o innecesarias ya que si el terreno tiene la pendiente en la misma dirección de la carretera entonces el agua ira paralela al camino.

### **2.9.3 Bombeo del camino.**

Según Crespo (2005), se denomina bombeo de un camino a la pendiente que se le da al camino hacia los hombros y que su función es el de desaguar lo más rápido posible el camino para evitar daños a su estructura. En México se les da un bombeo del 2 % en caminos asfaltados y de 1.5 % para los de concreto hidráulico.

#### **2.9.4 Lavaderos o vertedores.**

En lo dicho por Crespo los lavaderos o vertedores son estructuras de concreto o de piedra acomodada que sirve para encauzar el agua en los terraplenes o taludes, o en terreno muy erosionable y su función es el alejar el agua del camino para evitar cualquier daño al camino, sus dimensiones y forma son elegidas por el ingeniero en base a su experiencia.

#### **2.9.5 Obras de cruce**

Las obras de cruce que también se conocen como obras de drenaje transversal, tienen como función el de dar paso rápido al agua que por no poder evitar el cruce con la misma se tenga que construir obras de drenaje para que corra el agua de un lado al otro del camino.

##### **2.9.5.1 Alcantarillas.**

Según Crespo (2005), las alcantarillas son aquellas que su longitud es menor a 6 metros y pueden o no llevar encima un colchón de tierra, las partes de la alcantarilla son dos: el cañón y los muros de cabeza, el cañón es su forma de la alcantarilla y su parte principal de la estructura, los muros de cabeza sirven para

impedir la erosión alrededor del cañón, para guiar la corriente y para evitar que el terraplén invada el canal, dependiendo de la forma del cañón las alcantarilla se dividen en alcantarillas de tubo, alcantarilla de cajón y alcantarillas de bóveda.

Al determinar una alcantarilla se debe procurar que la corriente siga su esviajamiento ya que así se lograra mayor economía en el camino por el ahorro en la conservación del mismo evitando la erosión, cuando el esviajamiento de una corriente sea igual o menor a 5 grados es recomendable hacer la estructura perpendicular al camino, omitiendo el esviajamiento y rectificando ligeramente el cauce, en el caso en que la dirección de la corriente con la normal al eje del camino formen un ángulo mayor a 5 grados, se debe de alinear la alcantarilla con el fondo del arroyo. Cuando las cunetas son demasiado largas se recomienda construir alcantarillas de alivio a cierta distancia para dar salida al agua que este arriba de la cuneta, se recomiendan colocarlas a una distancia de 100 metros de separación pero se debe tomar en cuenta la pendiente, tipo de suelo, protección de las cunetas y ancho de su sección transversal para determinar la separación de las alcantarillas de alivio.

#### **2.9.5.2 Área hidráulica de las alcantarillas.**

De acuerdo con Crespo (2005), el cálculo del área hidráulica en las alcantarillas es diseñar la alcantarilla para que la mayor cantidad de agua pase sin que cause algún daño a la estructura de la carretera y de la misma alcantarilla. Existen diferentes procedimientos para el cálculo de área hidráulica los cuales son: procedimiento por comparación, procedimiento empírico, procedimiento de

sección y pendiente, procedimiento de la precipitación pluvial y procedimiento racional.

#### **2.9.5.2.1 Procedimiento por comparación.**

El procedimiento de comparación trata de construir una nueva alcantarilla y así compararla con la existente, siempre y cuando se vean las huellas de las aguas más altas en la alcantarilla existente y se puedan obtener datos de los lugareños del nivel más alto de por lo menos 10 años, cuando no se encuentran alcantarillas en el lugar entonces se toma de referencia otra alcantarilla que se encuentre cercana.

#### **2.9.5.2.2 Procedimiento empírico.**

Es utilizado cuando no se encuentra ninguna alcantarilla en el lugar y no se tienen datos respecto al gasto máximo, ni datos de precipitación pluvial. Se basa en la utilización de ciertas formulas empíricas que son para el cálculo del área hidráulica en función de la superficie drenada y de las características topográficas de la cuenca a drenar. Las formulas que se usan son la de Talbot, la de Peck o la de Meyers, los valores encontrados con la formula de Talbot son los que más se acercan al promedio de los valores obtenidos con las tres formulas. La formula de A.N. Talbot es:

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

Donde:

$a$  = Área hidráulica, en metros cuadrados, que deberá tener la alcantarilla.

$A$  = Superficie a drenar, en hectáreas.

$C$  = Coeficiente que vale:

$C = 1.00$  para terrenos montañosos y escarpados.

$C = 0.80$  para terrenos con mucho lomerío.

$C = 0.60$  para terrenos con lomerío.

$C = 0.50$  para terrenos muy ondulados.

$C = 0.40$  para terrenos poco ondulados.

$C = 0.30$  para terrenos casi planos.

$C = 0.20$  para terrenos planos.

#### **2.9.5.2.3 Procedimiento de sección y pendiente.**

Este procedimiento consiste en determinar el gasto del cauce por medio de secciones hidráulicas definidas y de la pendiente del arroyo. Es necesario tener las huellas de las aguas máximas en el sitio donde se construirá la alcantarilla y determinar la sección y la pendiente en el cauce en el cruce y aparte en dos secciones donde los márgenes se encuentren arriba y sobrepasen el nivel de las aguas máximas. “El gasto máximo se calculara en función del área hidráulica, el perímetro mojado, la pendiente y un coeficiente de rugosidad de acuerdo con las

paredes del cauce, la velocidad que multiplicada por el área hidráulica correspondiente nos proporciona el gasto máximo para el que debe proporcionarse la alcantarilla” (Crespo; 2005:153).

#### **2.9.5.2.4 Procedimiento de la precipitación pluvial.**

Consiste en diseñar la alcantarilla para dar paso a una cantidad probable de agua producto del escurrimiento del agua de la precipitación, las variables que se utilizan para las formulas en este procedimiento son la precipitación pluvial la cual se necesita conocer su valor máximo en un numero bastante grande de años, el área a drenar, su topografía y clase de suelo.

La fórmula para el cálculo del gasto máximo de una alcantarilla debido a un aguacero intenso en un área tributaria determinada es la fórmula de Burkli – Ziegler:

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

Donde:

Q = gasto de la alcantarilla en m<sup>3</sup>/seg.

A = número de hectáreas tributarias.

J = precipitación pluvial, en centímetros por hora, correspondiente al aguacero más intenso (de 10 minutos de duración total).

S = pendiente del terreno, en metros por kilometro.

El coeficiente C depende de la clase de terreno que forma la cuenca o área

tributaria de la alcantarilla y tiene los valores que siguen:

C= 0.75 para calles pavimentadas y distritos comerciales.

C = 0.30 para poblaciones con parques y calles con pavimentos asfálticos.

C = 0.25 para terrenos de cultivo.

#### **2.9.5.2.5 Procedimiento racional.**

“El método racional consiste en emplear una fórmula que indica que el gasto es igual a un porcentaje de la precipitación pluvial multiplicada por el área tributaria y se expresa así” (Crespo; 2005: 154).

$$Q = 27.52 C I A$$

Siendo:

Q = gasto en litros por segundo.

C = coeficiente de escorrentía.

I = intensidad de la precipitación, correspondiente al tiempo de concentración,  
en centímetros por hora.

A = área a drenar en hectáreas.

Los valores de C son los siguientes:

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

## **2.10 Sistemas de drenaje subterráneo.**

Lo mencionado por Crespo (2005), el drenaje subterráneo, es muy semejante al drenaje superficial por el hecho de que las capas impermeables forman canales definidos o vasos de almacenaje de agua subterránea parecido a lo que sucede en la superficie del terreno, el drenaje subterráneo consiste en hacer ductos de drenaje adecuados para controlar el escurrimiento rápidamente, cada lugar que requiera drenaje subterráneo, o subdrenaje como también se le llama, es un problema particular y diferente. Los suelos secos, dan soporte adecuado a las cargas de tránsito a las que se le aplica directamente o a través de un pavimento. Es necesario realizar obras para mantener el camino, sino completamente seco, por lo menos, con una humedad razonable que no afecte, las obras más comunes de drenaje subterráneo son:

### **2.10.1 Zanjas.**

Lo dicho por Crespo (2005), las zanjas se usan en caminos en zonas bajas y son localizadas en a un costado del camino y paralelas a él, son construidas comúnmente de 0.60 m de base y e 0.90 m a 1.20 de profundidad, si se hacen con una profundidad adecuada mantienen el nivel freático deseado.

### **2.10.2 Drenes ciegos.**

Los drenes ciegos son zanjas rellenas de piedra o grava, usualmente son contruidos de 0.45 m de ancho y de 0.60 m a 0.90 m de profundidad, para que los drenes trabajen con efectividad deben tener una pendiente uniforme e ir a desfogar a una salida adecuada.

### **2.10.3 Drenes de tubo.**

En acuerdo con Crespo (2005), para el drenaje subterráneo en caminos los drenes de tubo son muy eficientes pero su análisis requiere de satisfacer algunos factores como el aplastamiento, flexión, presión hidráulica, capacidad de infiltración y durabilidad entre otros.

## **2.11 Puentes**

Según Crespo (2005), el puente es una estructura que se puede construir de diversos materiales como es la madera, piedra, ladrillo, concreto simple, concreto armado o fierro estructural y su función es para que una vía de comunicación pueda salvar un rio, una depresión de terreno u otra vía de comunicación.

Los puentes son estructuras de más de seis metros de largo y que no llevan colchón de tierra sobre ellos. La estructura de un puente está formada por la superestructura, la subestructura y la infraestructura.

Los puentes por su uso pueden ser divididos en puentes para caminos, ferrocarriles, mixtos, canales y para peatones; según su duración pueden ser provisionales y definitivos; por su condición en fijos, móviles y desmontables; por la forma de efectuar el cruce en normal y diagonal; si los puentes cruzan otra vía de comunicación pueden ser de paso superior o de paso inferior.

Los estudios de campo son muy importantes y necesarios para el proyecto de los puentes y sus estudios se dividen en cuatro grandes partes: estudios topográficos, hidráulicos, geológicos y comerciales.

En cualquier tipo de puente se distinguen tres partes fundamentales: la superestructura, la subestructura y la infraestructura. La superestructura es la parte de la estructura con el objetivo de transmitir las cargas (muertas y vivas) a los apoyos. La subestructura es la parte de la estructura destinada a transmitir las cargas de los apoyos a la infraestructura y por último la infraestructura es la que lleva las cargas al suelo de cimentación. Por otra parte la superestructura se divide en isostática, como por ejemplo el de traveses libremente apoyadas, traveses con voladizos y arcos de tres articulaciones y en hiperestáticas como el de las traveses

continuas, arcos empotrados, arcos de dos articulaciones, marcos rígidos entre otros.

Los puentes deben ser diseñados para soportar las siguientes cargas:

1. Cargas muertas.
2. Cargas vivas.
3. Efectos dinámicos o de impacto sobre la carga viva.
4. Fuerzas laterales.
5. Otras fuerzas, cuando existan, como: Fuerzas longitudinales, centrífugas y fuerzas térmicas.

#### **2.11.1 Estudio de pilas.**

Lo mencionado por Crespo (2005), una pila de un puente es aquella parte de la subestructura que recibe la acción de dos tramos de la superestructura y tiene como función el de transmitir las cargas al terreno y repartirlas para que no excedan al esfuerzo admisible del terreno.

Las pilas deben provocar la menor perturbación posible al paso del agua, por lo que su forma generalmente empleada es rectangular con triángulos o segmentos de círculo en los extremos aguas arriba y aguas abajo, estos extremos frontales a la dirección de la corriente reciben el nombre de “tajamares”.

Las partes principales de una pila son:

La corona: la parte que recibe directamente la carga de la superestructura para transmitir al cuerpo.

Cuerpo: Su función principal es la de ligar y transmitir las cargas de la corona a la zapata.

Zapata: Transmite las cargas del terreno de manera que no sobrepasen el esfuerzo admisible de éste.

### **2.11.2 Estribos de un puente.**

Los estribos de un puente son estructuras en los extremos de un puente usados con el propósito de transmitir cargas de la superestructura a la cimentación y dar un soporte lateral al terraplén. El estribo sirve como pila y como muro de contención y en la mayoría de los casos consiste en una pared frontal y dos paredes en forma de ala. Generalmente es independiente de la superestructura pero en algunos casos forma parte de un marco rígido y transmite además fuerzas y momentos de ella.

En el siguiente capítulo se verán datos de localización y rasgos del tramo en estudio.

## CAPÍTULO 3

### RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se analizarán datos importantes del tramo del proyecto como la ubicación y de sus características físicas del lugar.

#### 3.1 Generalidades.

El proyecto se localiza en el estado de Michoacán situado hacia la porción centro - oeste de la República Mexicana, entre las coordenadas 20°23'27" y 17°53'50" de la latitud norte y entre 100°03'32" y 103°44'49" la longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limitado al norte con los estados de Jalisco y Guanajuato, al noroeste con el estado de Querétaro, al este con los estados de México y Guerrero, al oeste con el Océano Pacífico y los estados de Colima y Jalisco, al sur con el Océano Pacífico y el estado de Guerrero.

El proyecto se fundamenta en la revisión del proyecto de diseño del tramo carretero Caurio de Guadalupe - Purépero del kilometro 11+000 al 13+000, se basa primordialmente en el diseño de drenaje el cual es de suma importancia para el proyecto carretero es un camino tipo c asfaltado de 2 carriles.

El municipio de Purépero significa "lugar de plebeyos", o "los que están de visita", también "donde hay indios". Fue una población prehispánica, habitada por

chichimecas, sometidos por Tanganxoán al imperio tarascó y conquistada por Nuño de Guzmán hacia 1530.

El municipio de Purépero se localiza al noroeste del Estado de Michoacán, en las coordenadas 19°54' de latitud norte y 102°00' de longitud oeste, a una altura de 2,020 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Tlazazalca, al este con Zacapu, al sur con Chilchota, y al oeste con Tangancícuaro. Su distancia a la capital del Estado que es Morelia es de 113 Kms.

### **3.2 Resumen ejecutivo.**

Para el análisis del tramo en estudio se realizaron diferentes trabajos tanto de campo como bibliográficos para la recopilación de datos verificós y así poder hacer un análisis confiable de acuerdo a los reglamentos que se deben cumplir, dichos trabajos son mediciones físicas de las obras de drenaje, aforo vehicular, levantamiento fotográfico entre muchos trabajos más, los programas de computación utilizados son el autocad, Excel, Word.

Las modificaciones que se pueden hacer sin realizar el cálculo de específico de la revisión de las obras de drenaje pero contando con toda la información visual y de campo es la limpieza de cunetas ya que se encuentran cubiertas de vegetación y el desazolve de las alcantarillas por que se encuentran con material como arena, grava, tierra y lodo.

### 3.3 Entorno geográfico.

El municipio cuenta con grandes riquezas naturales, como es la forestal maderable que es el pino. El municipio de Purépero tiene una población aproximada de 23,713 habitantes.

#### 3.3.1 Macro localización y Micro localización.

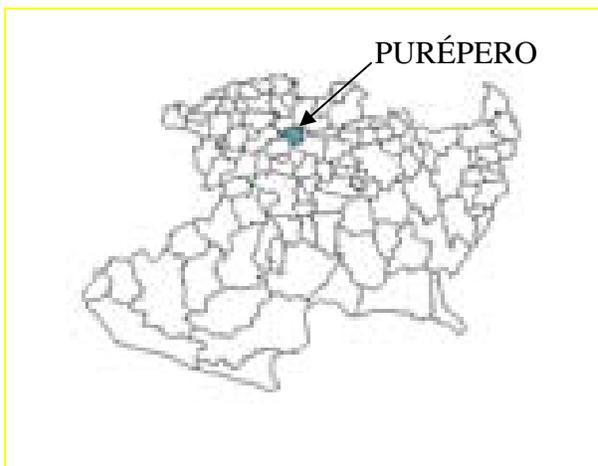


Fig. No.3.1 Macro localización de Purepero.

La zona de estudio es la carretera Purépero-Caurio de Guadalupe la cual comunica las dos poblaciones trayendo desarrollo y progreso a los municipios lo es de suma importancia.

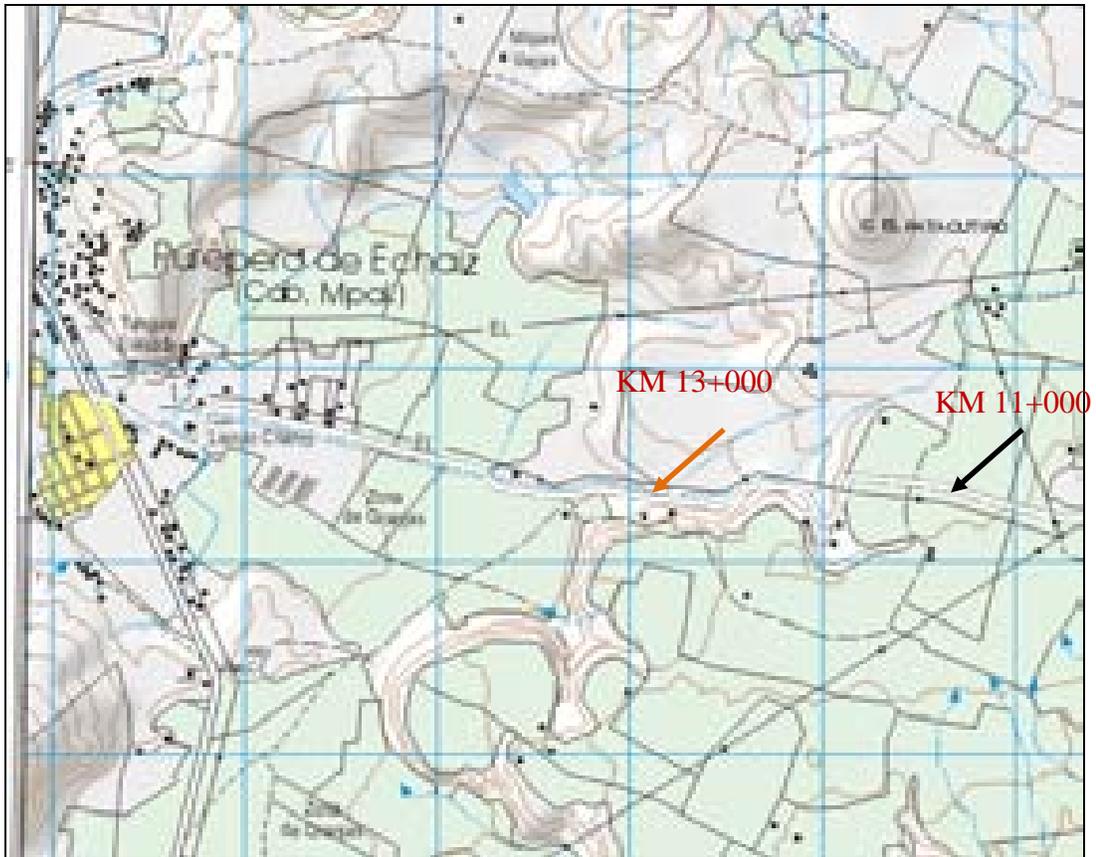


Fig. No.3.2 Micro localización de la carretera Caurio de Guadalupe-Purépero del kilometro 11+000 al 13+000.

En los kilómetros 11+000 al 13+000 cuenta con cuatro obras de drenaje y en los kilómetros 11+640 y 11+920 se encuentran dos curvas muy cerradas.

### 3.3.2 Topografía regional y de la zona en estudio.

La topografía de la región de Purépero muestra un relieve que está constituido por el sistema volcánico transversal, la sierra de Púrepero y los cerros de la Alberca, del Cobre y de los Pérez.

### 3.3.3 Geología regional y de la zona en estudio.

Los suelos del municipio datan de los períodos cenozoico, cuaternario, terciario y mioceno, corresponden principalmente a los del tipo podzólico.



Fig. No.3.3 Geología regional.



### **3.4.5 Uso de suelo regional y de la zona en estudio.**

En el Estado predominan los suelos derivados de cenizas volcánicas (andosoles), los cuales se encuentran en el Sistema Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur. En las partes bajas de la Depresión del Balsas pueden encontrarse los suelos vertisoles, gleysoles, rendzinas, fluvisoles, litosoles y regosoles. Suelos salinos y sódicos en los bajos. En las áreas del trópico seco y húmedo (costa) se pueden encontrar suelos calcáreos rojos y negros tropicales y lateríticos.

El tipo de vegetación considera la mayor superficie forestal (37%) y se distribuye en el 76% de los municipios de la Entidad. Se desarrollan en un clima con temperatura media anual ubicada en el rango de los 14° a 22°C y con precipitación media anual de 800 a 1,200 mm. Los bosques se componen por especies de coníferas y latifoliadas que prosperan en el rango altitudinal de los 500 a 3,500 m sobre el nivel del mar. Las formaciones o asociaciones vegetales que componen este tipo de vegetación son los bosques de pino, bosques de oyamel, bosques mezclados (pino – encino) y bosques de encino.

En el municipio predomina el bosque mixto, con pino y encino. Su uso es primordialmente ganadero y en menor proporción forestal y agrícola. La superficie forestal maderable es ocupada por pino, la no-maderable por matorrales.

### 3.4 Informe fotográfico.

Es muy importante el reporte fotográfico para observar el estado actual del camino, las obras existentes, su vegetación, tipos de vehículos que circulan por el camino y así poder a ser un análisis con mayor confiabilidad.



Fig. No.3.5 Estado actual.  
Fuente: Propia.



Fig. No.3.6 Obras de drenaje.  
Fuente: Propia.

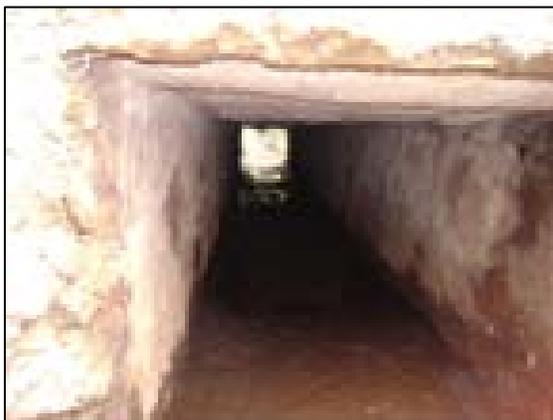


Fig. No. 3.7 Obras de drenaje.  
Fuente: Propia.



Fig. No.3.8 Obras de drenaje.  
Fuente: Propia.

### **3.5 Estudios de tránsito.**

El estudio de tránsito es primordial para el diseño de las carreteras, pues tanto para el análisis de espesores de las capas que conforman la carretera como para las dimensiones geométricas de la carretera se requiere el estudio de tránsito.

#### **3.5.1 Tipo y clasificación de los vehículos.**

La carretera Caurio de Guadalupe-Purépero es de tipo C por la cual existe poca circulación de vehículos entre los que circulan son vehículos tipo A2 automóvil, A'2 camión ligero hasta 3 toneladas, C2 camión de 2 ejes, C3 camión de 3 ejes.

#### **3.5.2 Aforo vehicular.**

El volumen de tránsito que tiene esta carretera tomada en dos horas es 75 vehículos, de los cuales: el 20.8 % son A2, el 68.05 % corresponden a los A'2, 6.9 % son del tipo C2 y el 4.1 al tipo C3.

UBICACIÓN: CARRETERA CAURIO DE GUADALUPE - PURÉPERO      FECHA: 19 DE OCTUBRE DEL 2008  
 TRAMO: DEL KILOMETRO 11+000 AL 13+000  
 HORA DE INICIO Y TERMINACIÓN: 12:00 P.M.      A      2:00 P.M.      OPERADOR:      UNIDAD: VEHICULOS  
 DESCRIPCIÓN DE LA VIA:      Vo.Bo.

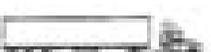
	TIPO:	UNIDADES QUE PASAN DENTRO DEL PERIODO DE TIEMPO	TOTAL
	A2 AUTOMOVIL		15
	A'2 CAM. LIGERO HASTA 3 TON	 	49
	B2 AUTOBUS 2 EJES		0
	B3 AUTOBUS 3 EJES		0
	C2 CAMION 2 EJES		5
	C3 CAMION 3 EJES		3
	T2-S1 TRACTOR 2 EJES SEMIREMOLQUE		0
	T2-S2 TRACTOR 2 EJES SEMIREMOLQUE 2 EJES		0
	T3-S2 TRACTOR 3 EJES SEMIREMOLQUE 2 EJES		0
	T3-S3 TRACTOR 3 EJES SEMIREMOLQUE 3 EJES		0
<b>TOTAL</b>			<b>72</b>

Figura No. 3.9 Aforo vehicular.

### **3.6 Alternativas de solución.**

Se hacen diferentes recomendaciones para el mejoramiento de la carretera para que sea una carretera mejorar y prolongar la vida útil de la carretera.

#### Alternativa 1.

Se propone hacer una limpieza de las cunetas, revestir con concreto los taludes interiores de los terraplenes que eviten el crecimiento de plantas, hacer limpieza en las alcantarillas ya que se encuentran muy azolvadas, construir nuevos lavaderos para que ayuden a desaguar las cunetas.

#### Alternativa 2.

Al igual que en la alternativa No. 1 se propone limpieza de las cunetas, revestir con concreto los taludes interiores de los terraplenes que eviten el crecimiento de plantas, la construcción de más lavaderos con el objeto de sacar el agua lo más rápido posible y lejos del camino, hacer limpieza en todas las alcantarillas tanto de tubo como de losa por que se encuentran llenas de material de grava, arena y piedras y la construcción de una nueva alcantarilla de losa en el kilometro 11+160.

Tomando en cuenta las necesidades del tramo y las condiciones que se encuentra el tramo en estudio se opta por la alternativa numero 1 ya que es la más económica y cumple con el objetivo que es el evitar el contacto del agua con la carretera el menor tiempo posible.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA**

En este capítulo se describe la metodología utilizada para la investigación de este trabajo de tesis, como es el método utilizado, los instrumentos de recopilación de datos y diseño de la investigación.

#### **4.1 Método empleado.**

El método utilizado para la realización de este trabajo de tesis fue el método científico ya que según Pardinás que a su vez es citado por Tamayo (2000), el método científico es una serie de pasos a seguir para llegar a nuevo conocimiento que es la comprobación o rechazo de hipótesis las cuales son la razón de cualquier investigación. En acuerdo con Tamayo (2000), el inicio del método científico es la objetividad de su interpretación lo que es establecer las interrogantes de la investigación, las cuales son enfocadas a ciertos problemas en particular y no de manera general lo que ayuda en la aplicación de tratamientos adecuados.

“El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica” (Tamayo; 2000: 35).

Por lo que se puede mencionar que este trabajo de tesis se hizo en base a los hechos reales o sea tiene una referencia empírica, fue autocorrectivo ya que mientras avanzo la investigación se rechazaron y se ajustaron las conclusiones, fue progresivo ya que no se tomaron como infalibles los resultados inmediatos de la investigación y es objetivo por que la investigación arroja un dato real y no distorsiona el resultado por que se aplican circunstancias concretas.

## **4.2 Enfoque de la investigación.**

“La investigación cuantitativa otorga control sobre los fenómenos y un punto de vista de conteo y magnitudes de éstos” (Hernández; 2005: 18). El enfoque de esta investigación es cuantitativa ya que se requiere conocer si las obras existentes son las adecuadas para las exigencias de drenaje en el tramo carretero en estudio por lo cual los estudios necesarios son las dimensiones, como la cantidad y tipo de obras actuales del tramo, entonces por lo cual se emplearon ciencias exactas como son las matemáticas. De acuerdo con Mendieta (2005), cuando se requiere comprobar algo o rechazar se necesitan los números que confirmen la interrogante.

### **4.2.1 Tipo de la investigación.**

Existen 4 tipos de investigaciones las cuales son exploratorias, descriptivas, correlacionales o explicativas, para el estudio de tesis se utilizo la investigación descriptiva ya que según Hernández (2005), en la investigación descriptiva se

mide, evalúa y recolectan datos como también dimensiones del fenómeno a investigar se busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice, se debe definir o visualizar que se va a medir o sobre que se van a recolectar los datos. Por tanto la investigación es descriptiva porque tuvo las características de dicho tipo de investigación.

### **4.3 Diseño de la investigación.**

De acuerdo con Hernández (2005), la investigación se divide en diseño experimental y en diseño no experimental, la investigación de tesis es del tipo no experimental por el hecho que no se realizan experimentos y ya que la investigación recolecta datos en un solo momento lo que es aplicable para el tiempo en que se realiza y tramo carretero en estudio porque los factores que intervienen en la investigación cambian, la investigación no experimental a su vez se subdivide en transversal su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

El diseño transeccional se divide en exploratorio, descriptivo y correlacionales causales, entonces se puede decir que el estudio de tesis es del “diseño transeccional descriptivo porque se consiste en medir o ubicar las variables y proporcionar su descripción.

#### **4.4 Instrumentos de recopilación de datos.**

Lo dicho por Hernández (2005), en los estudios cuantitativos para la recopilación de datos es común utilizar pruebas estandarizadas como varios cuestionarios al mismo tiempo para hacer análisis estadístico, en esta investigación se utilizaron tanto cuestionarios como pruebas estandarizadas como es el aforo vehicular, todo instrumento de recolección de datos debe de llenar con dos requisitos para se consideren datos seguros y reales, tales requisitos son confiabilidad y validez, “la confiabilidad cuantitativa se refiere al grado en que la aplicación repetida de un instrumento de medición, al mismo sujeto u objeto, produce iguales resultados” (Hernández; 2005: 477). Lo dicho por Hernández la validez cuantitativa se refiere al grado real con que un instrumento mide las variables que pretende medir. En las investigaciones cuantitativas se miden las variables contenidas en las hipótesis.

#### **4.5 Descripción del proceso de investigación.**

La investigación de este trabajo de tesis se inicio con el reconocimiento del tramo carretero que se deseaba estudiar, haciendo una revisión visual tanto de la carretera y sus obras de drenaje como del entorno de la misma, después se hizo la recolección de datos tales como las mediciones de las obras existentes, datos importantes obtenidos en dependencias de gobierno los cuales son confiables, enseguida se hace el análisis de las necesidades requeridas de las obras de drenaje para dar respuesta a la pregunta principal de la tesis que es si las obras

existentes son adecuadas o no y poder dar una solución en el caso de que fuera requerida.

## **CAPÍTULO 5**

### **REVISIÓN DEL PROYECTO**

En este capítulo se hará la revisión del proyecto carretero Purepero- Caurio de Guadalupe en el cual solo se tocarán los elementos de drenaje del camino y se harán algunas recomendaciones para el mejoramiento del drenaje.

#### **5.1 Generalidades.**

El proyecto original tiene un juego de planos del tramo carretero, los cuales son de la planta del camino (plano 1), el perfil del terreno (plano 2), las secciones del proyecto (plano 3, 4) y detalle de las alcantarillas (plano 5).

#### **5.2 Cunetas y contracunetas.**

Para el análisis de las cunetas se revisaron las secciones donde llevan corte para saber en qué lugar se deben colocar las cunetas por lo que la ubicación de las mismas no varía respecto a las del proyecto, únicamente se indican los lavaderos los cuales no se consideraron en el proyecto original, las cunetas vienen en el plano 3 y 4.

El análisis de las cunetas se hizo calculando el gasto de la cuneta de proyecto (anexo B), dando como resultado un gasto de promedio de 0.311

m<sup>3</sup>/seg. muy superior al gasto que pudiera llegar a las cunetas que es de 0.000027 m<sup>3</sup>/seg. por lo que las cunetas cumplen con las dimensiones necesarias para sacar toda el agua que llega al camino. Las cunetas son revestidas de concreto con un espesor de 10 centímetros.

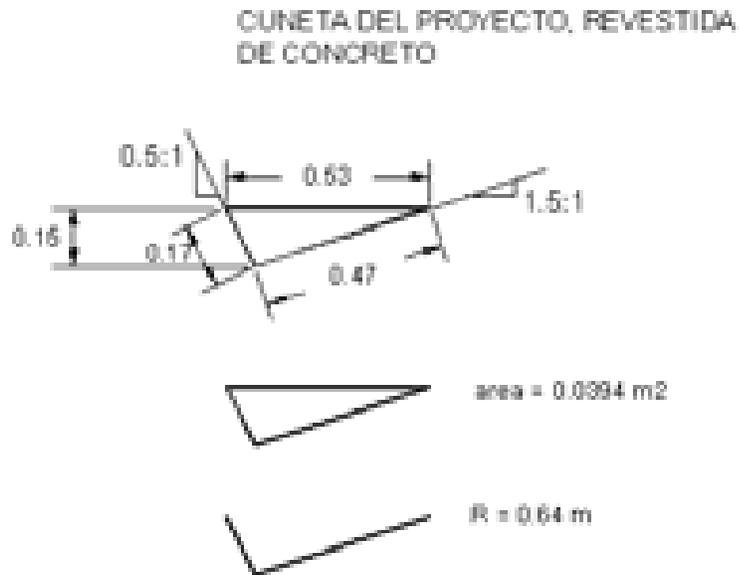


Fig. No. 5.1 medidas de la cuneta de proyecto.

Ya que el terreno es de lomerío suave y el camino sigue la pendiente del terreno, no es necesaria la colocación de contracunetas ya que las cunetas son más que suficiente para desalojar el agua.

### 5.3 Bombeo.

El bombeo de camino tiene un 2% en todo el tramo (plano 3 y 4) lo que cumple con norma de la SCT que indica un 2% de bombeo en caminos asfaltados.

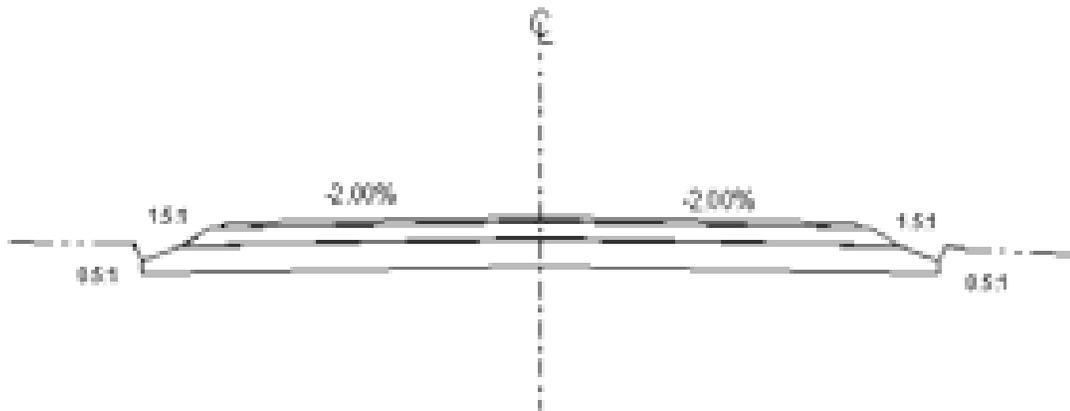


Fig. No. 5.2 Sección tipo del camino.

En la sobre-elevación de las curvas cuenta con pendientes hasta del 10%, haciendo que el agua se salga el camino lo más pronto posible, sirviendo como sistema de drenaje muy eficiente.

### 5.4 Lavaderos.

Ya que el proyecto no cuenta con lavaderos entonces se proponen algunos lavaderos después de una revisión las secciones, colocando dos lavaderos en los Kilómetros 12+648 y en el kilómetro 12+957.

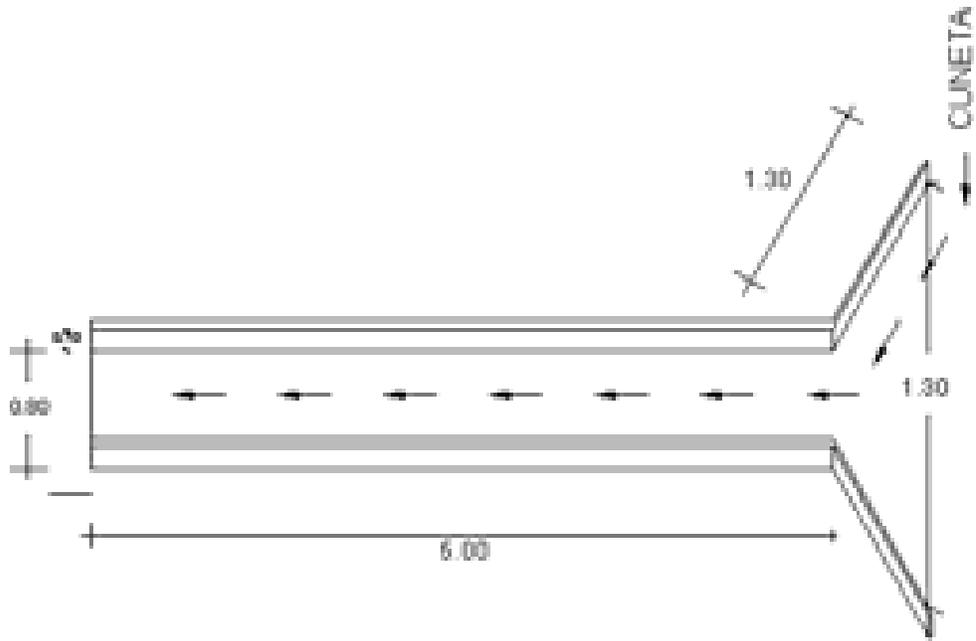


Fig. 5.3 Medidas de los lavaderos del kilometro 12+648 y del kilometro 12+957.

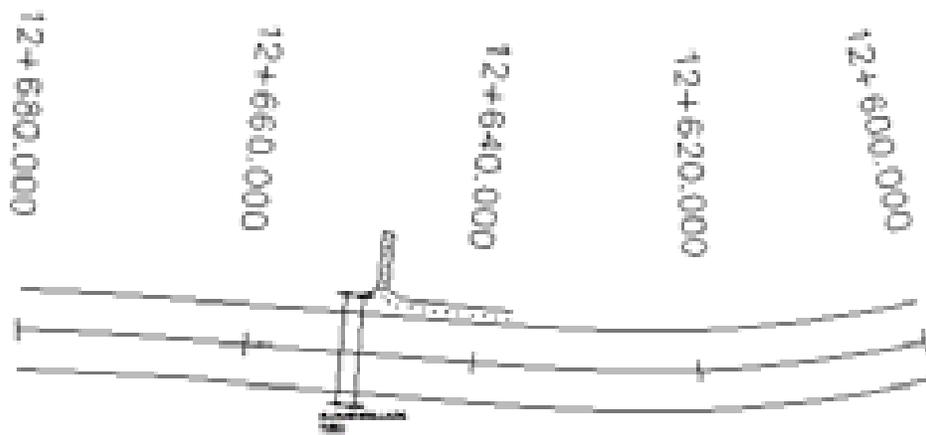


Fig. No. 5.4 Localización del lavadero en el kilometro 12+648.

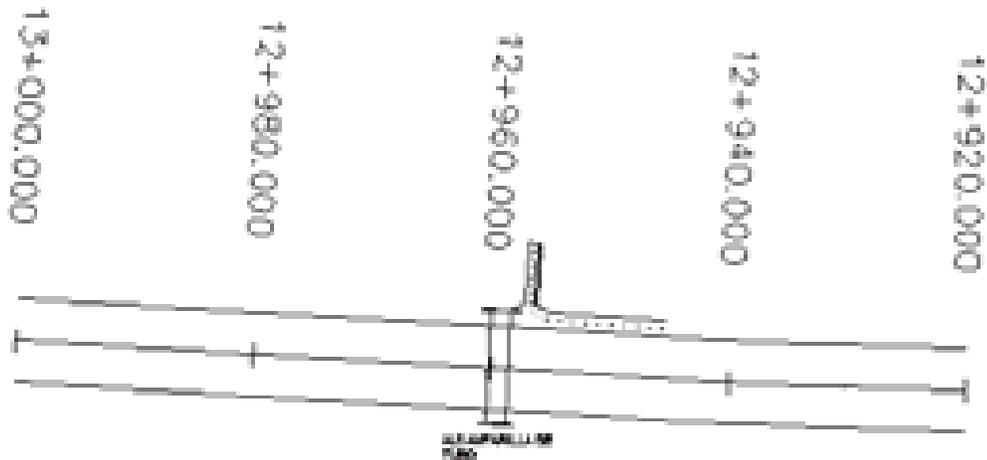


Fig. No. 5.5 Localización del lavadero en el kilómetro 12+957.

### 5.5 Alcantarillas.

Se encuentran cuatro alcantarillas (ver plano 5), las cuales dos son de losa y dos de tubo, en el kilómetro 11+040 se localiza una alcantarilla de losa donde su cuenca es de 7.1709 hectáreas y su pendiente de 0.009539 (anexo A), en el kilómetro 11+302 se ubica otra alcantarilla de losa la cual cuenta con una cuenca de 14.9405 hectáreas con una pendiente de 0.0052 (anexo G), en el kilómetro 12+651.86 se encuentra una alcantarilla de tubo la cual su cuenca es de 4.5524 hectáreas con una pendiente 1.2772 (anexo L) y la última alcantarilla esta en el kilómetro 12+960 es de tubo y su cuenca es de 9.0159 hectáreas con una pendiente de 0.21 (anexo N).

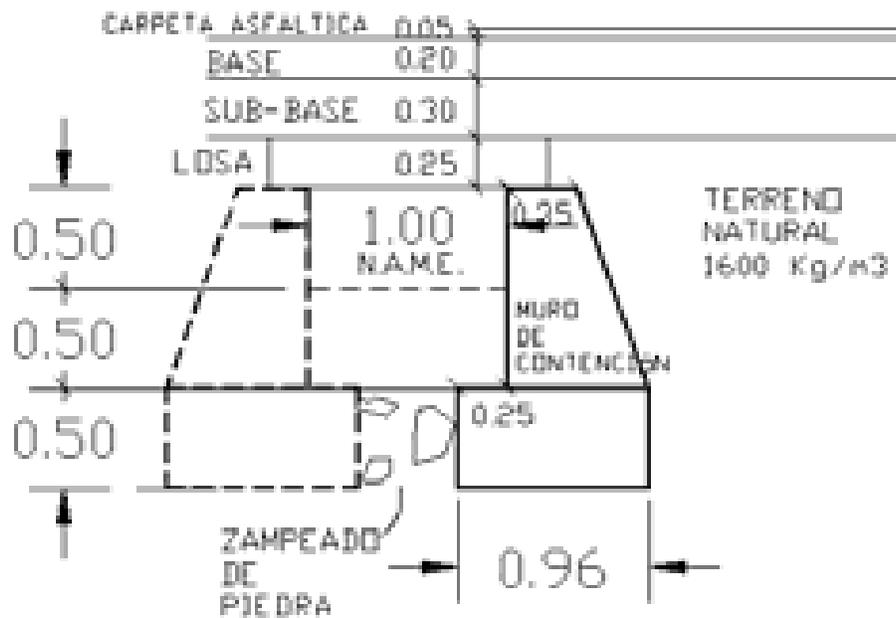


Fig. No. 5.6 Partes que forman la alcantarilla de losa del kilometro 11+040.

Las dimensiones de la alcantarilla del kilometro 11+040 son de 1.00 m de ancho por 1.00 m de alto. Que al hacer el análisis por área hidráulica requerida paso con la misma sección (anexo C), otro análisis es la losa (anexo D) con un peralte de 25 centímetros y con un armado con varilla del número 4 (1/2") a cada 10 centímetros en el lado corto y a cada 20 en el lado largo, por lo que se acepta ya que el cálculo arroja una separación mayor. Para evitar la erosión se propone un zampeado de piedra.

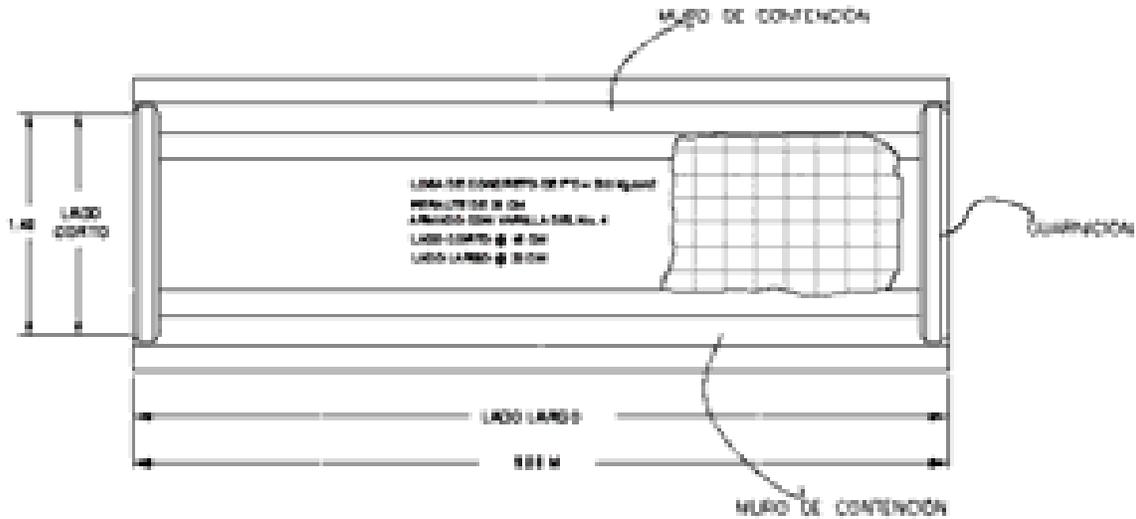


Fig. No. 5.7 Resultados obtenidos para la losa de la alcantarilla del kilometro 11+040.

El muro de contención de la alcantarilla de losa del kilometro 11+040 son de piedra brasa su análisis (anexo E) dio como resultado que se aceptan las dimensiones del muro ya que pasa por conceptos de volteo, deslizamiento y capacidad de carga.

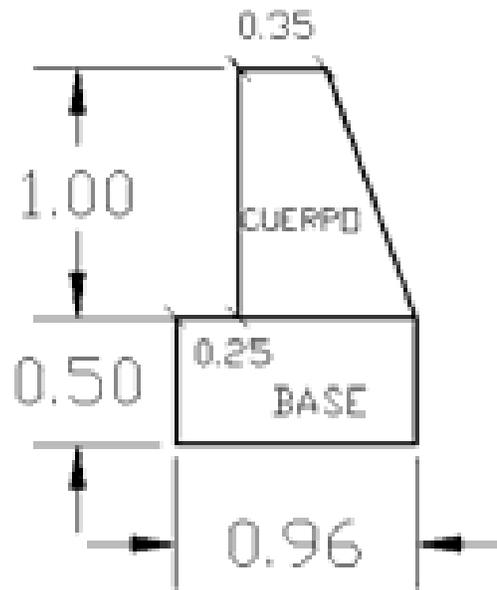


Fig. No. 5.8 Muro de contención de la alcantarilla del kilometro 11+040.

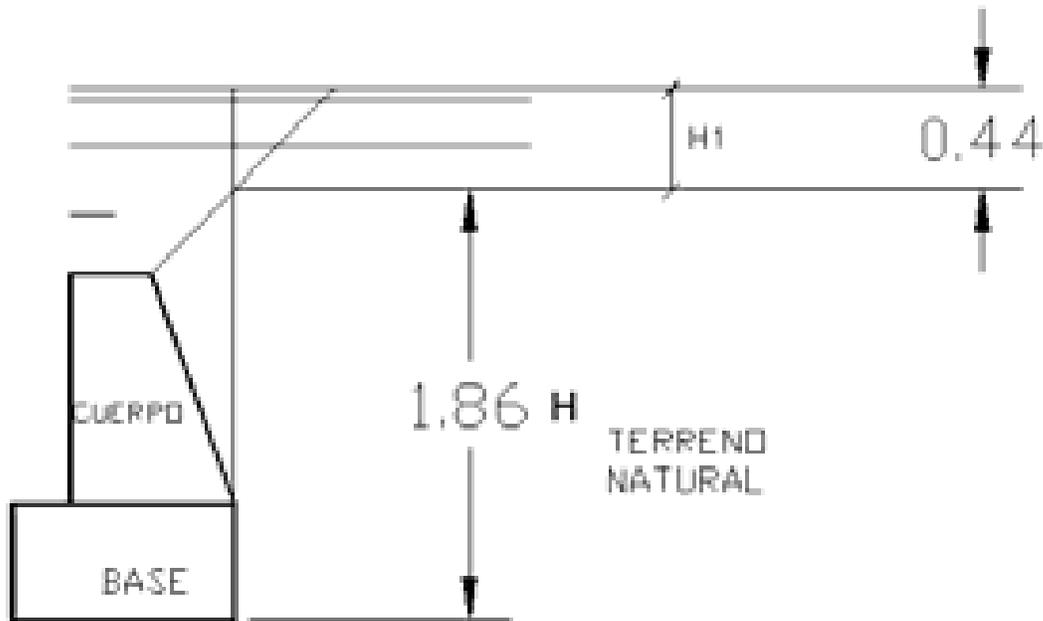


Fig. No. 5.9 H y H1 para calcular  $E_v$  y  $E_h$  en muro de contención de la alcantarilla del kilometro 11+040.

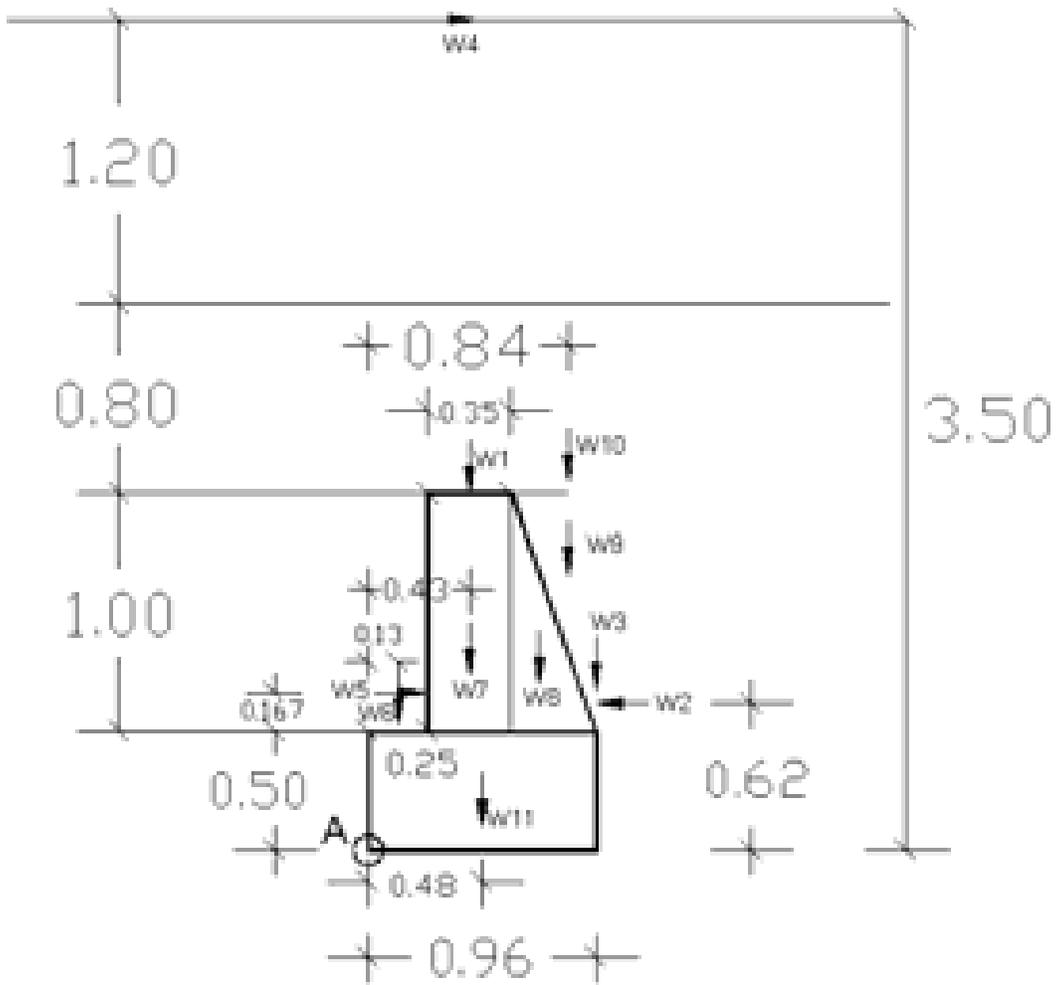


Fig. No. 5.10 Fuerzas y brazos para momento en muro de contención de la alcantarilla del kilometro 11+040.

Otra parte de la alcantarilla son los aleros que servirán para evitar que el material caiga a la corriente y su análisis (anexo F) da como resultado que sus dimensiones son adecuadas para los factores de seguridad como son al volteo, al deslizamiento y por capacidad de carga del terreno.

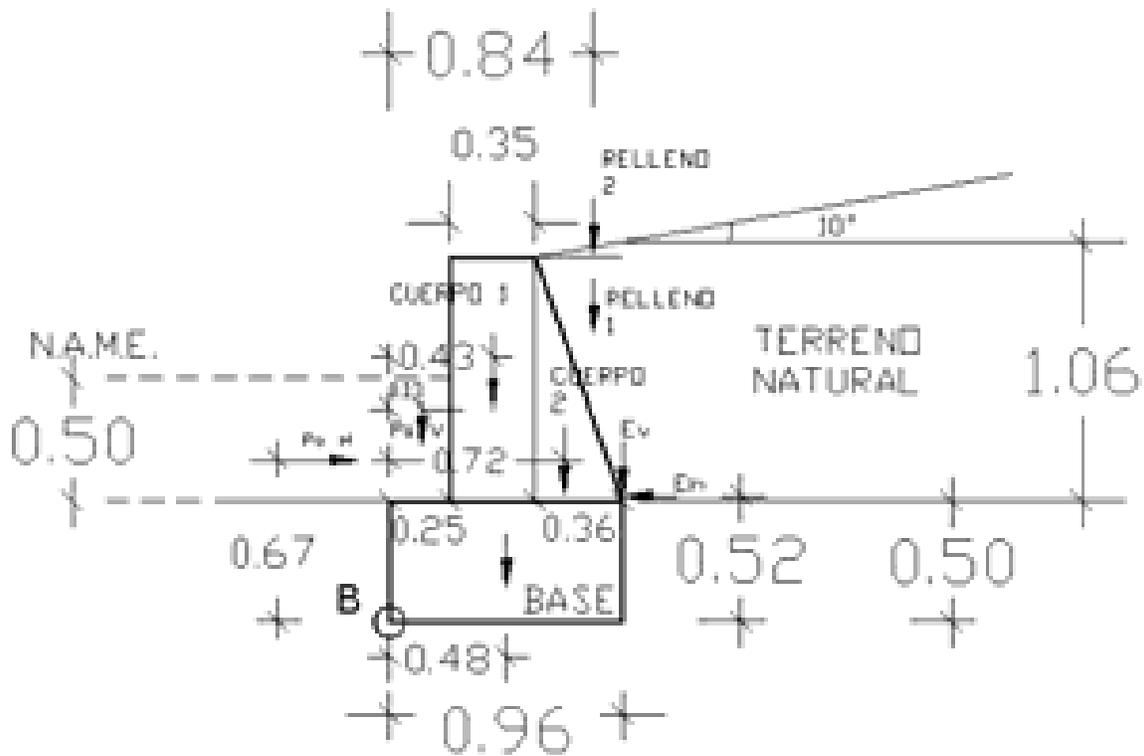


Fig. No. 5.11 Fuerzas y brazos de los aleros de la alcantarilla del kilometro 11+040.

La alcantarilla de losa del kilometro 11+302 con dimensiones de 1.50 m de ancho por 1.00 m de alto, su revisión (anexo H) determina que la sección pasa por área hidráulica requerida.

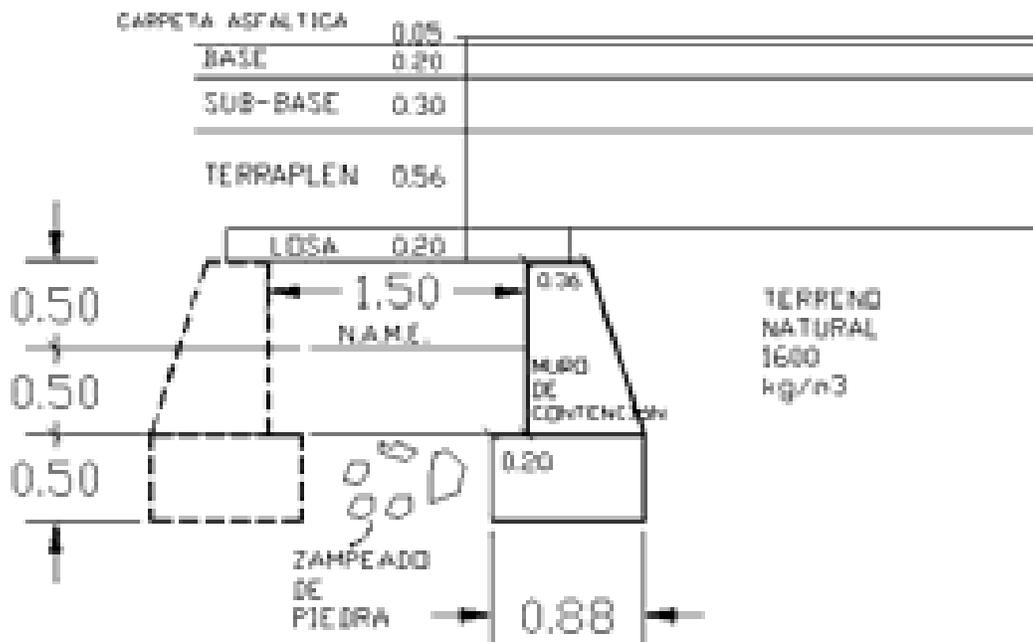


Fig. No. 5.12 Partes que forman la alcantarilla del kilometro 11+302.

Las dimensiones de la losa son aceptables pero del armado no se aceptan ya que el cálculo (anexo I) comprueba que es mayor la separación de las varillas, las medidas de proyecto son de un peralte de 20 centímetros y un armado con varilla del No. 5 (5/8") a cada 13 centímetros en el lado corto y 30 centímetros en el lado largo.

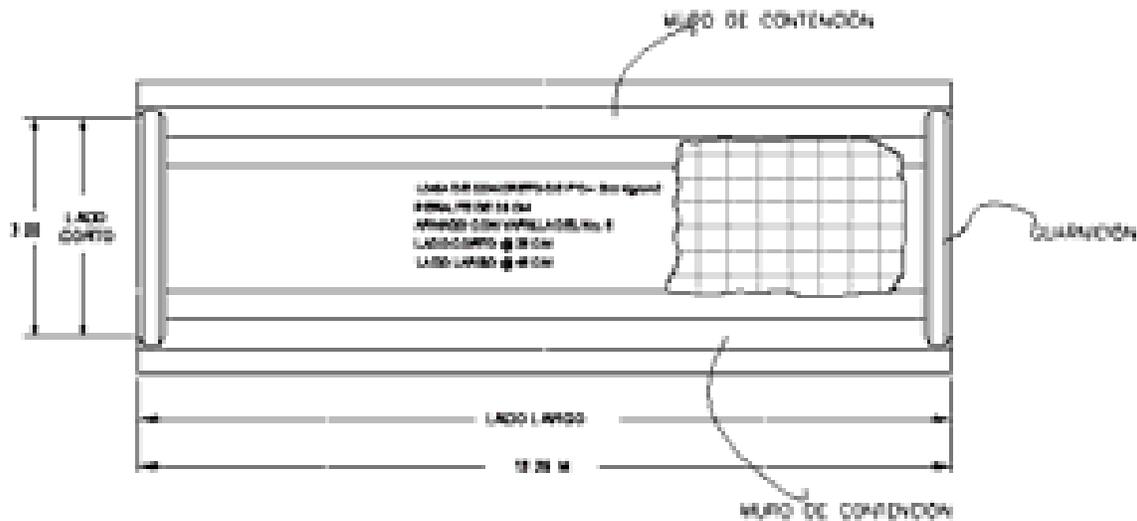


Fig. No. 5.13 Resultados obtenidos de la alcantarilla del kilometro 11+302.

La alcantarilla de losa del kilometro 11+302 tiene muros de contención de piedra braza y su análisis (anexo J) comprueba que sus dimensiones son buenas ya que pasan sus factores de seguridad por volteo, deslizamiento y capacidad de carga.

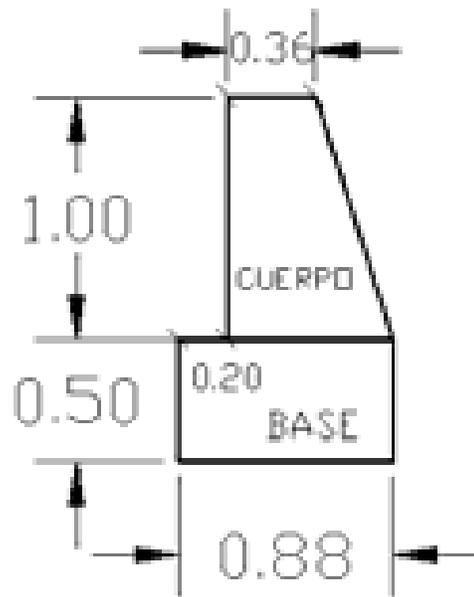


Fig. No. 5.14 Muro de contención de la alcantarilla del kilometro 11+302.

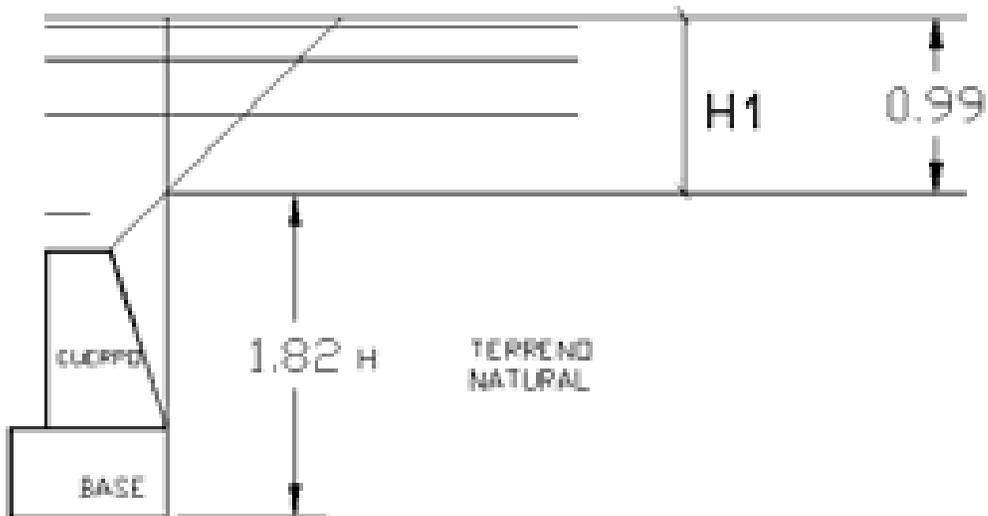


Fig. No. 5.15 H y  $H_1$  para obtener  $E_h$  y  $E_v$  en muro de contención de la alcantarilla del kilometro 11+302.

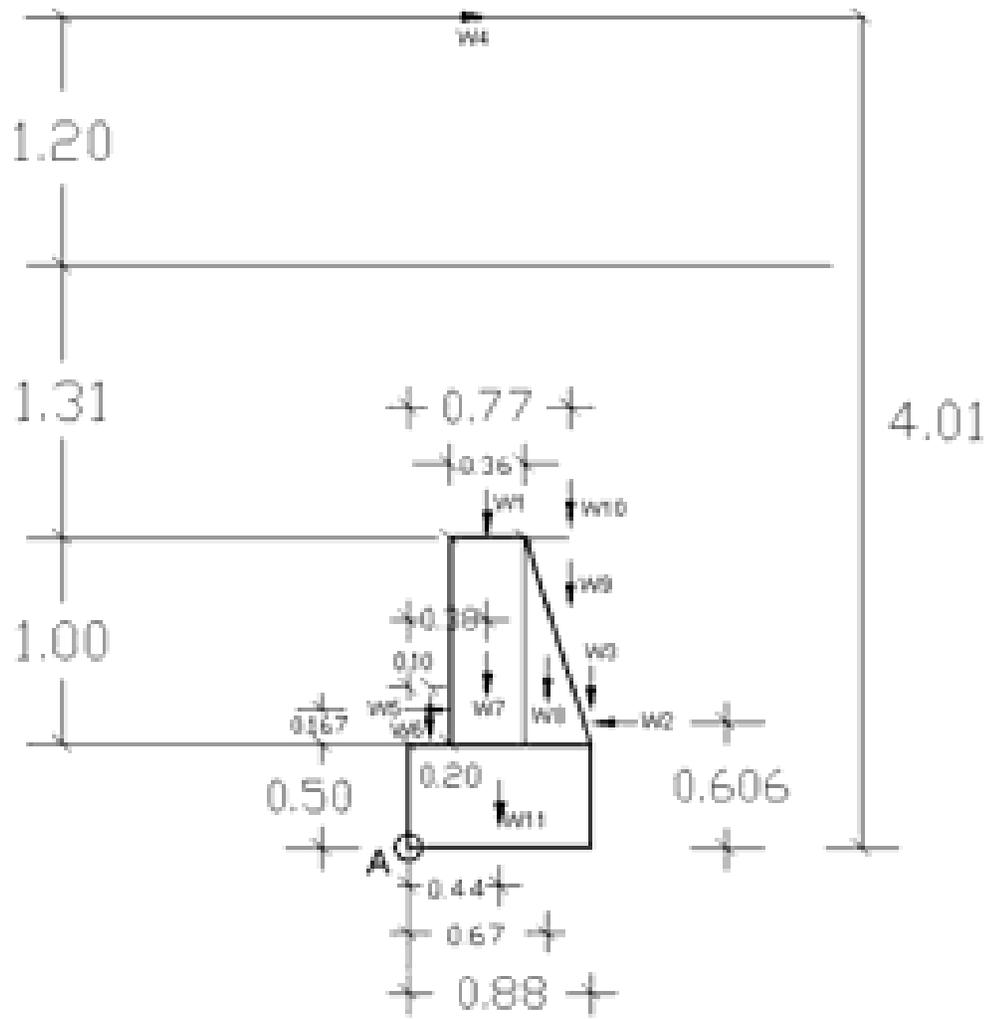


Fig. No. 5.16 Fuerzas y brazos para momentos en muro de contención de la alcantarilla del kilometro 11+302.

Los aleros forman un ángulo de  $30^\circ$  con respecto a la normal del eje del camino, las dimensiones de los aleros de la alcantarilla del kilometro 11+302 están bien proyectados ya que al realizar el análisis (anexo K) se comprueba que pasa por los factores de seguridad que son por volteo, deslizamiento y capacidad de carga.

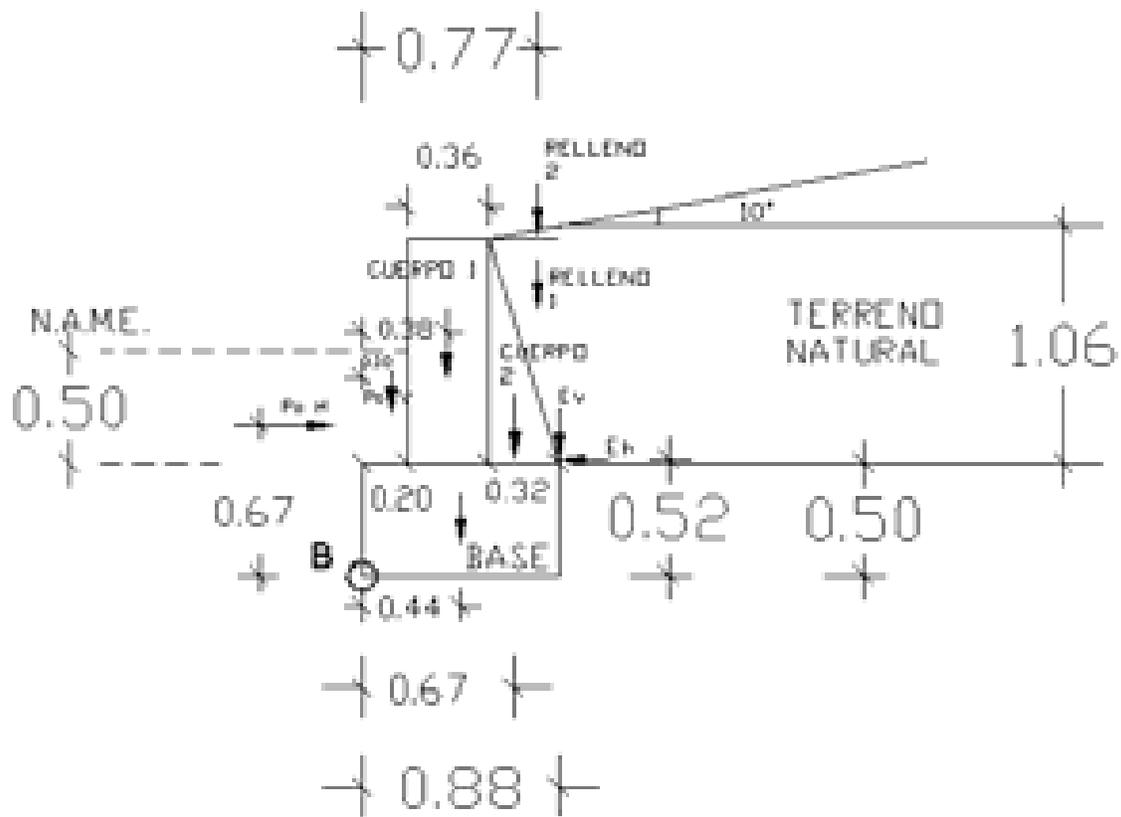


Fig. No. 5.17 Fuerzas y brazos de los aleros de la alcantarilla del kilometro 11+302.

Las alcantarillas de tubo ubicadas en el kilometro 12+651.86 y en el kilometro 12+960 están bien diseñadas ya que el análisis de la alcantarilla del kilometro 12+651.86 (anexo M) y la revisión de la alcantarilla del kilometro 12+960 (anexo O) demuestran que sus medidas son correctas por que cumplen con el área hidráulica necesaria y por la carga resistente del tubo. Los detalles de las alcantarillas ver los en el plano 5.

### **5.6. Análisis comparativo.**

El tramo carretero Caurio de Guadalupe – Purépero del kilometro 11+000 al 13+000 cumple con todas las especificaciones de la SCT de seguridad en el sistema de drenaje.

La SCT determina un bombeo del 2% de pendiente para caminos de asfalto para sacar el agua que llegue a él, entonces se revisaron todas las secciones del tramo en estudio y cumplieron por este concepto ya que todas las secciones en bombeo tienen un 2% de pendiente y en las sobre-elevaciones cuentan con mayor pendiente siendo muy eficaz en el desagüe del camino.

Para conducir el agua que llega al camino producto del escurrimiento del terreno y del bombeo se revisaron las cunetas del proyecto que tienen un talud hacia el camino de 1.5:1 y talud hacia el terreno de 0.5:1, arrojando una capacidad de gasto promedio de 0.025 m<sup>3</sup>/seg. muy por encima del gasto que pudiera llegar

a las cunetas que es de 0.00000134 m<sup>3</sup>/seg. por lo que las dimensiones de las cunetas son aceptables.

El proyecto no indica contracunetas, entonces se reviso la topografía del terreno, determinando que es lomerío suave y con pendiente paralelo al camino por lo que no son necesarias las contracunetas porque con las cunetas son más que suficiente para retirar el agua que llega al camino.

En el caso de los lavaderos el proyecto no considera ningún lavadero, por lo que se propusieron 2 lavaderos en el kilometro

Para el análisis de las alcantarillas se reviso primeramente el área de la cuenca que corresponda, después el cálculo de las secciones de las alcantarillas, el cálculo de la sección de la alcantarilla de tubo del kilometro 12+651.86 (anexo L) y el cálculo da la sección de la alcantarilla de tubo del kilometro 12+960 (anexo M), las cuatro alcantarillas requieren una sección menor a la proyectada por lo que se aceptan las medidas.

Los demás conceptos como el cálculo de la losa de la alcantarilla del kilometro 11+040 (anexo D), el cálculo de la losa de la alcantarilla del kilometro 11+302 (anexo I) y los cálculos de los muros de contención, los cálculos de los aleros de las alcantarillas del kilometro 11+040 (anexo F) y de la alcantarilla del kilometro 11+302 (anexo K), se aceptan las dimensiones de las alcantarillas ya

que todos los conceptos pasaron por flexión, por cortante, por volteo, deslizamiento y capacidad de carga del terreno.

## CONCLUSIÓN

Desde los primeros caminos construidos en la antigüedad hasta nuestra era se han mejorado los sistemas de drenaje de los caminos pues se observó que el principal enemigo del camino es el agua que llega a él, por lo que es de suma importancia que toda carretera cuente con obras de drenaje bien diseñadas y localizadas para que las vías de comunicación se encuentren en óptimas condiciones y se conserven durante largos periodos para la economía y desarrollo de la zona.

Las obras de drenaje que se ocupan en una carretera dependen de muchos factores como es la cantidad de agua que llegara a la carretera tanto directamente a la carpeta como del terreno producto del escurrimiento donde influye la topografía del terreno. Conociendo estos factores se pueden diseñar las obras necesarias como son cunetas, contracunetas, lavaderos, alcantarillas, puentes, etc. Por ejemplo si en la carretera tiene terraplenes entonces con el bombeo es suficiente para desaguar y unos lavaderos para llevar el agua lejos de la estructura de la carretera, pero si la carretera tiene cortes entonces se utilizan cunetas y contracunetas para que el agua que escurre del camino y del terreno no afecte a la estructura de la carretera, y se cruza algún arroyo o río entonces se hacen alcantarillas o puentes ya que no se cambian de dirección solo se encausan.

En este caso del tramo carretero “Caurio de Guadalupe – Purepero” del kilometro 11+000 al 13+000 se llega a la conclusión que si cumple con todos los requerimientos necesarios de drenaje para que una carretera sea segura, cómoda y económica, ya que el bombeo de la carretera es del 2% como lo marca la SCT para caminos asfaltados y por cuestiones de la topografía cuenta con cunetas con una sección más que suficiente para desalojar el agua que llega al camino.

Además el proyecto tiene cuatro alcantarillas las cuales dos son de losa ubicadas el km 11+040 y la otra en el km 11+302 y dos de tubo ubicadas en el km 12+651.863 y en km 12+690 las cuatro alcantarillas tienen un área hidráulica suficiente para dar paso a toda el agua del escurrimiento de sus respectivas cuencas, las alcantarillas de losa de concreto armado con muros de mampostería pasa por los conceptos de armado, de cortante, por momento, por factores de volteo, de deslizamiento y por capacidad de carga del terreno. Las alcantarillas de tubo pasan por flexión.

Por lo tanto esta carretera cuenta con todas las medidas de seguridad por conceptos de sistemas de drenaje.

## BIBLIOGRAFÍA

Aparicio Mijares, J. (1989)

Fundamentos de hidrología de superficie

Editorial Limusa - Noriega, México.

Arias Rivera, G. Carlos; Meza Reina, Jorge L. (1984)

Cuaderno de trabajo de comportamiento de suelos

Editorial Universidad Autónoma de México. UNAM, México.

Crespo Villalaz, Carlos. (2005)

Vías de comunicación

Editorial Limusa – Noriega, México.

Hernández S., Roberto y Cols. (2005)

Metodología de la investigación

Editorial Mc. Grawhill, México.

Mendieta Alatorre, Ángeles (2005)

Métodos de investigación y Manual Académico

Editorial Ed. Porrúa, México.

Mier S. José Alfonso. (1987)

Introducción a la ingeniería de caminos

Editorial U.M.S.N.H, México.

Monsalve Sáenz Germán. (1999)

Hidrología de la ingeniería

Editorial Escuela Colombiana de ingeniería.

Tamayo y Tamayo Mario. (2000)

El proceso de la investigación científica

Editorial Limusa, México.

#### OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN:

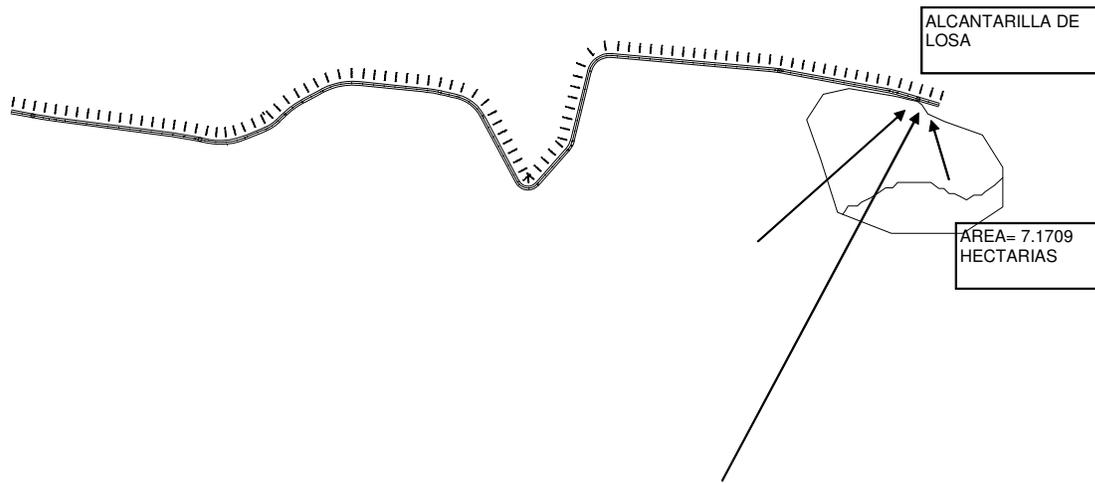
<http://www.inegi.gob.mx>

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

<http://www.usgs.gov/>

<http://es.wikipedia.org>

**Anexo A -Cuenca para alcantarilla de losa del km 11+040.**



Area de la cuenca = 7.1709 Hectarias

**Pendiente de la cuenca**

CRITERIO DE ALVORD

$$\text{Pendiente} = \frac{\text{Desnivel entre curvas} * \text{Longitud total}}{\text{Area cuenca}}$$

Desnivel constante entre curvas de nivel en Km	0.02 km
Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca en Km	0.0342 km
Area de la cuenca Km2	0.0717 km2
Pendiente de la cuenca	0.009539749

## Anexo B -Cálculo de las cunetas

Se analizará la sección de proyecto calculando el gasto que puede desalojar y se comparará con el gasto real que entra a las cunetas.

Gasto para la cuneta del proyecto:

$$\text{Gasto } Q = A V$$

A = area m<sup>2</sup>

V = Velocidad m<sup>3</sup>/seg

$$\text{Area} = 0.0394 \quad \text{m}^2$$

La velocidad según la fórmula de Manning =  $1/n R^{2/3} S^{1/2}$

n = se tomará 0.04

$$R = \text{Area de la sección} / \text{perímetro mojado} = 0.0394/0.6361 = 0.061939947$$

tramo 2 S = 0.4 pendiente según el proyecto

tramo 4 S = 2.5

tramo 6 S = 5.1

tramo 8 S = 8.3

tramo 10 S = 8.3

tramo 12 S = 5.8

tramo 14 S = 5.8

tramo 16 S = 5.8

tramo 18 S = 4.3

tramo 20 S = 4.3

tramo 22 S = 4.3

tramo 24 S = 4.3

tramo 26 S = 0.3

V tramo 2 = 2.475 m/seg

V tramo 4 = 6.188 m/seg

V tramo 6 = 8.838 m/seg

V tramo 8 = 11.275 m/seg

V tramo 10 = 11.275 m/seg

V tramo 12 = 9.425 m/seg

V tramo 14 = 9.425 m/seg

V tramo 16 = 9.425 m/seg

V tramo 18 = 8.116 m/seg

V tramo 20 = 8.116 m/seg

V tramo 22 = 8.116 m/seg

V tramo 24 = 8.116 m/seg

V tramo 26 = 2.144 m/seg

Gastos de los diferentes tramos

Q tramo 2 =	0.098	m3/seg	0.098	
Q tramo 4 =	0.244	m3/seg	0.244	
Q tramo 6=	0.348	m3/seg	0.348	
Q tramo 8 =	0.444	m3/seg	0.444	
Q tramo 10 =	0.444	m3/seg	0.444	
Q tramo 12 =	0.371	m3/seg	0.371	
Q tramo 14 =	0.371	m3/seg	0.371	
Q tramo 16 =	0.371	m3/seg	0.371	
Q tramo 18 =	0.320	m3/seg	0.320	
Q tramo 20 =	0.320	m3/seg	0.320	
Q tramo 22 =	0.320	m3/seg	0.320	
Q tramo 24 =	0.320	m3/seg	0.320	
Q tramo 26 =	0.084	m3/seg	0.084	Qpromedio= 0.31197099 m3/seg.

**Con este gasto se checarán las diferentes secciones de cunetas en cada tramo para checar que llegan a soportar dicho gasto.**

Con la fórmula de Burkli - Ziegler se obtendrá el gasto que pudiera entrar a las cunetas dependiendo del tramo y la captación de cada uno

$$\text{Gasto} = Q = 0.022 C * A * h ((S/A) ^{1/4})$$

C = Coeficiente escurrimiento = se considerará		0.18
Area de la sub cuenca de cada tramo =	tramo 2	0.04 Has
en este caso se tomará el área	tramo 4	0.12 Has
mayor, ya que puede tener cunetas	tramo 6	0.28 Has
por ambos lados del camino	tramo 8	0.06 Has
ya se está considerando el bombeo	tramo 10	0.06 Has
del camino	tramo 12	0.04 Has
	tramo 14	0.16 Has
	tramo 16	0.04 Has
	tramo 18	0.04 Has
	tramo 20	0.04 Has
	tramo 22	0.02 Has
	tramo 24	0.02 Has
	tramo 26	0.08 Has



### Anexo C - Sección de la alcantarilla de losa del km 11+040

Formula de Talbot

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

	C =	0.5 coef.	lomerío suave	
Area cuenca	A =	7.1709 has.		
Area seccion	S =	0.40139848 m <sup>2</sup>		
Por lo tanto:	B=	1 m		
	H=	0.5 m	area real=	0.5 m2
		altura mas 50 cms de bordo libre	1 m.	
longitud =		9 m		

Por lo tanto la seccion de proyecto cumple con las dimensiones requeridas para el area hidraulica ya que se requiere de 1 x 1 m. y el proyecto tiene 1 x 1 m.

**Anexo D -Calculo de la losa de la alcantarilla del kilometro 11+040**

		agregado 3/4", revenimiento 14 cm.		
Ancho	1.4 m.	fy =		4200 kg/cm2
Longitud alcantarilla (como viga ancha)	1 m.	f" c=		136 kg/cm2
f" c=	200 kg/cm2	f* c=		160 kg/cm2
Peso vol. Concreto armado	2400 kg/m3	Concreto simple		2200 kg/m3
Ancho camino	1 m.	fs=		2520
Peso carpeta asfáltica	20 kg/m2	espesor 5 cm.		
Material debajo de carpeta espesor	50 cm	Peso volumétrico		1600 kg/m3
Peralte supuesto h de losa=	25 cm			
Guarnicion 1 solo lado	de alto	30 cm	ancho	30 cm
	1 lado			
Carga móvil	C3		23 Ton	

**CALCULO DE LA CARGA MUERTA (CM)**

Losa	(1)(0.25)(2400) =	600	kg/m
Guarnicion	(1.0)(0.3)(0.3)(2200) =	198	kg/m
Carpeta asfáltica	(1)(20) =	20	kg/m
Material debajo de carpeta (base y sub-base)	(1)(0.50)(1600) =	800	kg/m
	sumatoria	1618	kg/m
		1.618	ton/m

Momento por carga muerta	M cm =	(1.618) (1.4 <sup>2</sup> ) =	
		8	
	M cm =	0.40	tm - m

Momento por carga muerta que soportará cada metro de ancho de losa

$$M \text{ cm} = 0.40 \text{ tm - m / m}$$

Fuerza cortante			
Sin la carga viva	V cm =	1.1326	ton
Con la carga viva	V cm =	7.77	ton
se tomará el mayor			

**CALCULO DE LA CARGA VIVA (CV)**

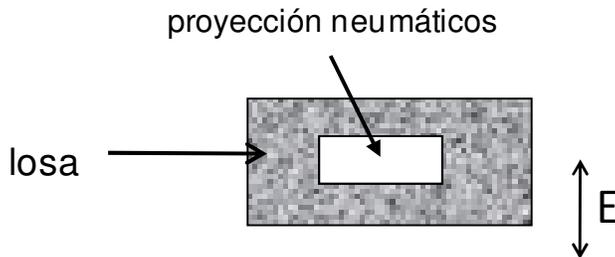
Carga C3 = W	23 Ton =	23000 kg.
Carga de la rueda P= 0.4 W	9200 kg	

h, en metros	S = P/A, kg/m2
0.55	9680.81

carga 9680.81 kg/m2	
carga por metro = (1) 9680.81 =	9680.806958 kg/m

como al centro mas desfavorable P =	13553.12974 kg.
Mcv = Wl2/8	2.371797705 ton-m

Ancho de distribución que absorberá el momento producido,



Ancho de losa que absorberá momento producido

Para claros mayores de 365 cms.

$$E = \frac{(10 N + W)}{4N}$$

N es el número de fajas de circulación y W es el ancho en pies

fajas circulación	2	
W		3.28

$$E = 2.91 \text{ pies}$$

$$E = 0.887 \text{ metros}$$

Momento que soportara cada metro de ancho de calzada debido a la carga móvil es:

$$M_{cv} = 2.67 \text{ tonm-m/m}$$

$$\text{Momento por impacto} = 30\% \text{ cv} = 0.802 \text{ tonm-m/m}$$

$$\text{Momento total carga viva + impacto} = 3.476 \text{ ton/m-m}$$

$$\text{Momento total con carga muerta y carga viva} = 3.873 \text{ ton/m-m}$$

Calculo del peralte y armado

$$d_{min} = 22 \text{ cm}$$

$$\text{peralte losa} = d_{min} + 3 \text{ recubrimiento} = 25 \text{ cm}$$

$$M_u = M * 1.4 = 5.422 \text{ ton-m}$$

$$P = \frac{f'_c}{f_y} * (1 - (1 - (2 M_u) / (F_R * b * d^2 * f'_c))) = 0.003$$

$$P_{min} = (0.7 * (250^{(1/2)})) / f_y = 0.002$$

$$P_{max} = ((f'_c / f_y) * ((4800) / (6000 + f_y))) * 0.75 = 0.011 \text{ como } P_{min} < P < P_{max}, \text{ si cumple}$$

$$A_s = P b d$$

$$\text{Comparar con } A_{st} = (660 X1 / (f_y(100+X1))) * 100$$

Separación de las barras =  $100a_0/A_s$   
 $s_{min} = 6 \text{ cm}$

$s_{max}$  menos de 50 cm y 3.5 peralte

Número de barras

#	$a_0$ (cm <sup>2</sup> )	N° de Barras	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )
3	0.71		
4	1.27	1	1.27
5	1.98		
6	2.85		
7	3.88		
8	5.07		
9	6.41		
10	7.92		
12	11.4		

6.849 cm<sup>2</sup>  
 3.143 cm<sup>2</sup>  
 por lo tanto se aplicara el  $A_s$   
 pudiendo ir a cada 15 cm. En  
 lado corto.  
 18.544 cm  
 por peralte 87.5 cm

$A_s = 1.27 \text{ cm}^2$
---------------------------

Revisión por cortante

$$V_{max} * 1.4$$

$$10878.79082 \text{ kg}$$

$$V_{cr} = 0.5 F_r b d (f'c^{1/2})$$

$$11131.217 \text{ kg}$$

Si  $V_{cr}$  es mayor a  $V_u$  se acepta el peralte

Como en el otro sentido no hay flexión se usa ya sea  $A_{st}$  o  $A_{smin}$ , el que sea mayor

$$\text{Comparar con } A_{st} = (660 X1 / (f_y(100+X1))) * 100$$

$$3.143 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ con } P_{min} = P_{min} b d$$

$$5.185 \text{ cm}^2$$

por lo tanto se utilizara  $p_{min}$

$$\text{separación} = 100 a_0 / A_s$$

$$24.492 \text{ cm}$$

Por lo tanto se colocan a cada 20 cm en el lado largo.

Como se calculó como viga ancha el armado será usado a lo largo de toda la alcantarilla o sea a los 9.00 metros. de largo

Ancho la losa	1.4 m.	$f_y =$	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Longitud alcantarilla	1 m.	$f''c =$	136 kg/cm <sup>2</sup>
$f'c =$	200 kg/cm <sup>2</sup>	$f^*c =$	160 kg/cm <sup>2</sup>
Peso vol. Concreto armado	2400 kg/m <sup>3</sup>	Concreto simple	2200 kg/m <sup>3</sup>
Ancho camino	1 m.	$f_s =$	2520
Peso carpeta asfáltica	20 kg/m <sup>2</sup>	espesor 5 cm.	
Material debajo de carpeta espesor	50 cm	Peso volumétrico	1600 kg/m <sup>3</sup>
Peralte de losa supuesto h=		25 cm	
Guarnicion 1 solo lado de alto	30 cm	ancho	30 cm
	1 lado		
Carga móvil	C-3		23 Ton

### Anexo E - Calculo de los muros de contención de la alcantarilla del km 11+040

Análisis de cargas actuantes

a) carga muerta del colchón y la losa (estará simplemente apoyada sobre los muros)

losa=	$(1.4)(0.25)(2400)(1) =$	840	kg
carpeta asfáltica=	$(20)(1)(1.4) =$	28	kg
material debajo carpeta=	$(0.50)(1)(1600)(1.4) =$	1120	kg
guarnición=	$(0.30)(0.30)(2200)(1.4) =$	277.2	kg
	Total carga muerta =	2265.2	kg

Carga por metro de ancho de alcantarilla =	$2265.2/1 =$	2265.2	kg/m
Carga muerta que soportará cada muro contención=	$2265.2/2 =$	1132.6	kg/m

b) carga viva en la losa

camion C-3 23 Ton

como se encuentra un colchón de tierra el peso disminuirá la presión sobre la losa

h en metros	$S = P/A$
0.55	9680.807 kg/m <sup>2</sup>

Carga por metro de ancho de la losa es=	$(1)(9680.807) =$	9680.807
tomando cada muro	$9680.807/2 =$	4840.404 kg/m

c) carga a impacto 30% (30% de la carga viva)  
 $I = \text{carga viva} * 0.3 = (4840.404) * 0.3 = 1452.121 \text{ kg/m}$

d) carga total peso al muro

$W_t = \text{carga muerta} + \text{carga viva} + \text{impacto} = 7425.12455 \text{ kg/m}$

e) fuerza por el empuje de tierras sobre el muro

$H_1 =$	0.44 m	$H =$	1.86 m
Se considerara un relleno tipo III	con relacion $H_1/H$	$0.44/1.86 =$	0.23655914

y como el talud es mayor a 45 ° entonces se considerara:

$K_H =$	970	kg/m <sup>2</sup> /m de la grafica
$K_V =$	300	kg/m <sup>2</sup> /m de la grafica

$$EH = (1/2 KH)(H^2) = 1677.906 \text{ kg/m}$$

$$EV = (1/2 KV)(H^2) = 518.94 \text{ kg/m}$$

f) fuerza de frenado (que se considera un 10% de la carga viva)

$$Pf = (4840.404 \cdot 0.10) = 484.040 \text{ kg/m}$$

g) fuerza ejercida por el agua vale:

$$Pa = (\text{peso específico agua})(H^2)/2 = (1000)(0.5^2)/2 = 125 \text{ kg/m}$$

Peso específico agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>      1000 kg/m<sup>3</sup>

H = tirante de aguas máximas ext.      0.5 m

h) peso del agua ( peso del tirante del agua es de

$$\text{Peso del agua sobre la base del muro} = (\text{peso específico agua})(\text{altura}) = (1000)(0.5) = 500 \text{ kg/m}^2$$

area de la base expuesta de      25 cm X 1 m

$$\text{Presion} = (500)(0.25) = 125 \text{ kg/m}$$

i) Peso del cuerpo

dimensiones

F -1 rectangulo

alto	1 m
ancho	0.35 m
peso específico piedra braza	1600 kg/m <sup>3</sup>

Peso por metro      560 kg/m

F-2 triángulo

alto	1 m
ancho	0.36 m

Peso por metro      288 kg/m

peso total cuerpo = F-1+F-2      848 kg/m

j)Peso del relleno sobre el muro

Relleno 1 sobre el muro

alto	1 m
ancho	0.36 m
peso específico terreno natural	1600 kg/m <sup>3</sup>

Peso por metro      288 kg/m

Relleno 2 sobre el muro

alto	0.36 m
ancho	0.36 m
peso específico terreno natural	1600 kg/m <sup>3</sup>

Peso por metro      103.68 kg/m

k) Peso de la base

dimensiones

base del muro

alto	0.5 m
base	0.96 m
peso específico piedra braza	1600 kg/m <sup>3</sup>

peso por metro      768 kg/m

Distancias que actuaran de acuerdo a la figura respecto al punto A		
W1 para la losa		0.43 m
W2 empuje tierras EH= H/3 = 1.86/3		0.620 m
W3 empuje tierras EV =		0.96 m
W4 por frenado la cual se considera 1.20 metros arriba de la carpeta		3.5 m
W5 por empuje del agua tirante 0.50 m, aplicada a 1/3	(0.5)/3+0.5	0.667 m.
W6 Por peso de agua		0.13 m
W7 Peso cuerpo F-1		0.43 m
W8 Peso cuerpo F-2		0.72 m
W9 Peso del relleno 1 sobre muro		0.84 m
W10 Peso del relleno 2 sobre muro		0.84 m
W11 Peso de la base		0.48 m

Factor de seguridad al volteo Momento resistente / Momento actuante = mayor o igual a 1.5

Fuerzas volteantes	entran		FUERZAS	BRAZO	MOMENTO
	w2		1677.906	0.620	1040.302
	w4		484.040	3.5	1694.141
	sumatoria				2734.443
Momento resistente	w1		7425.125	0.43	3192.804
	w3		518.94	0.96	498.182
	w5		125	0.667	83.333
	w6		125	0.13	16.250
	w7 F-1		560	0.43	240.800
	w8 F-2		288	0.72	207.360
	w9		288	0.84	241.920
	w10		103.68	0.84	87.091
	W11		768	0.48	368.640
	sumatoria				4936.380

Relacion de Momento resistente/Momento actuante =4936.380/2734.443 = 1.805

cumple por ser mayor a 1.5 , cumple por este concepto

Factor de seguridad por deslizamiento = Relacion entre fuerzas resistentes =(suma fuerzas verticales \* f)+ empuje resistente / empuje deslizando

Fuerzas verticales que se multiplicaran por $f = \tan(2/3 \text{ fi})$ fi=		w1	7425.125	kg/m
		w3	518.94	kg/m
		w6	125	kg/m
		w7 F-1	560	kg/m
	39	w8 F-2	288	kg/m
		w9	288	kg/m
		w10	103.68	kg/m
		W11	768	kg/m
		sumatoria	10076.745	kg/m
Empujes resistentes		w5	125	kg/m
Empujes deslizantes		w2	1677.906	kg/m
		w4	484.040	kg/m
		sumatoria	2161.946	kg/m

Relacion entre fuerzas resistentes =(suma fuerzas verticales \* f)+ empuje resistente / empuje deslizando

f= 0.488

Fs =((10076.745\*0.488)+125)/2161.946 = 2.331 mayor a 1.5 Cumple por este concepto

Por capacidad de carga del terreno

El esfuerzo actuantes = sumatoria de fuerzas verticales / 0.96

1.0 kg/cm<sup>2</sup>

La capacidad del terreno es igual a 10 ton/m<sup>2</sup> = 1kg/cm<sup>2</sup>

Lo que significa que el terreno puede soportar la estructura, aunque al limite de su capacidad.

Por lo tanto la sección del muro para todo lo largo de la alcantarilla = 9.00 metros

## Anexo F -Cálculo de aleros de la alcantarilla del km 11+040

Los aleros forman un ángulo de 30° con respecto a la normal del eje del camino y servirán para evitar que material caiga a la corriente.

Por las características topográficas los aleros tendrán una altura presentándose solamente el empuje de las tierras que valdrá como sigue: 1.56 m

a) Fuerza por el empuje de tierras sobre el muro y como el talud es mayor a 10 ° y suelo tipo III entonces se considerara:

KH = 650 kg/m<sup>2</sup>/m de la grafica  
KV= 250 kg/m<sup>2</sup>/m de la grafica

EH= 1/2 KH \* H<sup>2</sup> 790.92 kg/m  
EV= 1/2 KV \* H<sup>2</sup> 304.2 kg/m

Brazo respecto al punto B 0.52 m para EH  
Brazo respecto al punto B 0.96 m para EV

b) peso propio de la estructura.

Cuerpo 1 ancho 0.35 m  
alto 1 m  
peso específico 1600 kg/m<sup>3</sup>

Peso 560 kg/m

Brazo respecto al punto B 0.43 m

Cuerpo 2 ancho 0.36 m  
alto 1 m  
peso específico 1600 kg/m<sup>3</sup>

Peso 288 kg/m

Brazo respecto al punto B 0.72 m

Base ancho 0.96 m  
alto 0.5 m  
peso específico 1600 kg/m<sup>3</sup>

Peso 768 kg/m

Brazo respecto al punto B 0.48 m

Relleno 1 sobre el alero ancho 0.36  
alto 1  
peso específico 1600 kg/m<sup>3</sup>

Peso 288 kg/m

Relleno 2 sobre el alero	ancho	0.36
	alto	0.06
	peso especifico	1600 kg/m <sup>3</sup>

Peso	17.28 Kg/m
------	------------

Brazo respecto al punto B	0.84 m
---------------------------	--------

c) fuerza ejercida por el agua vale:

$$Pa = (\text{peso especifico agua}) * H^2 / 2 = 125 \text{ kg/m}$$

Peso específico agua =	1000 kg/m <sup>3</sup>
------------------------	------------------------

H = tirante de aguas máximas ext.	0.5
-----------------------------------	-----

Brazo respecto al punto B	0.67 m
---------------------------	--------

d) peso del agua ( peso del tirante del agua es de

ancho	0.25
alto	0.5
peso agua	1000 kg/m <sup>3</sup>

Peso	125 kg/m
------	----------

Brazo respecto al punto B	0.13 m
---------------------------	--------

Momento deslizamiento

	Fuerza	brazo	momento	
EH	790.92	0.52	411.2784	

Factor de seguridad por Volteo

Cuerpo 1	560	0.43	240.8
Cuerpo 2	288	0.72	207.36
Base	768	0.48	368.64
Relleno sobre el alero 1	288	0.84	241.92
Relleno sobre el alero 2	17.28	0.84	14.5152
Empuje agua	125	0.67	83.75
Peso agua	125	0.13	16.25
EV	304.2	0.96	292.032

sumatoria	1465.2672
-----------	-----------

Factor de seguridad al volteo	3.563
-------------------------------	-------

mayor a 1.5 cumple por este concepto

Factor de seguridad por deslizamiento

Fuerzas verticales que se multiplicaran por $f = \tan(2/3 f_i)$	cuerpo 1	560 kg/m
	cuerpo 2	288 kg/m
	base	768 kg/m
	relleno sobre el alero 1	288 kg/m
	relleno sobre el alero 2	17.28 kg/m
$f_i =$	peso agua	125 kg/m
39	EV	304.2 kg/m
	sumatoria	2350.48 kg/m
Empujes resistentes	empuje agua	125 kg/m
Empujes deslizantes	EH	790.92 kg/m
	sumatoria	790.92 kg/m

Relación entre fuerzas resistentes =  $((\text{suma fuerzas verticales}) \cdot f) + \text{empuje resistente} / \text{empuje deslizante}$

$$f = 0.488$$

$$F_s = ((11300.6 \cdot 0.488) + 1445) / 4608 = 1.608 \quad \text{mayor a 1.5} \quad \text{cumple}$$

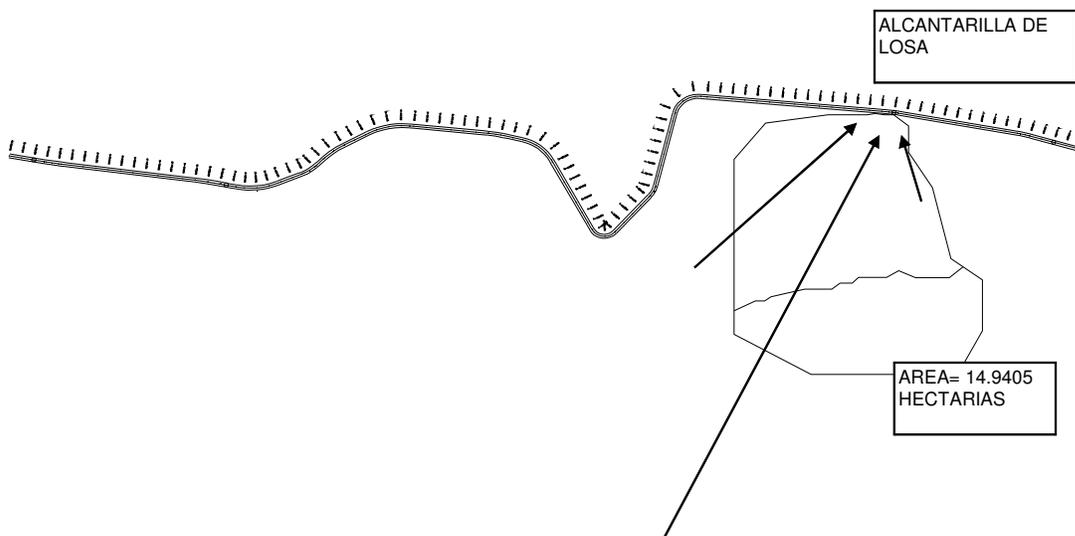
Por capacidad de carga del terreno

$$\text{El esfuerzo actuantes} = \text{sumatoria de fuerzas verticales} / 0.96 = 0.245 \text{ kg/cm}^2$$

la capacidad del terreno es igual a  $10 \text{ ton/m}^2 = 1 \text{ kg/cm}^2$   
queriendo decir que el terreno puede soportar la estructura

La sección del alero se acepta, para la longitud de 2.1 metros, distancia que marca la configuración

**Anexo G -Cuenca para alcantarilla de losa del km 11+302**



Area de la cuenca = 14.9405 Hectarias

**Pendiente de la cuenca**

**CRITERIO DE ALVORD**

$$\text{Pendiente} = \frac{\text{Desnivel entre curvas} * \text{Longitud total}}{\text{Area cuenca}}$$

Desnivel constante entre curvas de nivel en Km	0.02 km
Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca en Km	0.03949 km
Area de la cuenca Km2	0.149405 km2
Pendiente de la cuenca	0.005286302

## Anexo H - Sección de la alcantarilla de losa del km 11+302

Formula de Talbot

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

	C =	0.5 coef.	lomerío suave	
Area cuenca	A =	14.9405 has.		
Area seccion	S =	0.696096296 m <sup>2</sup>		
Por lo tanto:	B=	1 m		
	H=	0.7 m	area real=	0.7 m2
		altura mas 50 cms de bordo libre	1.2 m.	
longitud =		12.25 m		

Por lo tanto la seccion de proyecto cumple con las dimensiones requeridas para el area hidraulica ya que se requiere de 1 x 1.2 m. y el proyecto tiene 1.50 x 1.00 m.

**Anexo I -Calculo de la losa de la alcantarilla del km 11+302**

		agregado 3/4", revenimiento 14 cm.		
Ancho	2 m.	fy =	4200	kg/cm2
Longitud alcantarilla (como viga ancha)	1 m.	f"cm=	136	kg/cm2
f'c=	200 kg/cm2	f*c=	160	kg/cm2
Peso vol. Concreto armado	2400 kg/m3	Concreto simple	2200	kg/m3
Ancho camino	1 m.	fs=	2520	
Peso carpeta asfáltica	20 kg/m2	espesor 5 cm.		
Material debajo de carpeta espesor	50 cm	Peso volumétrico	1600	kg/m3
Peralte supuesto h=		20 cm		
Guarnicion 1 solo lado de alto	30 cm	ancho	30	cm
	1 lado			
Carga móvil		C3	23 Ton	
Peso específico Material terraplén		1600 kg/m3		
	0.56 m. esp. Promedio			
	en sobreelevación curva			
Peso específico Material terreno natural		1600 kg/m3		

**CALCULO DE LA CARGA MUERTA (CM)**

Losa	(1)(0.20)(2400) =	480	kg/m
Guarnicion	(0.30)(0.30)(2200) =	198	kg/m
Carpeta asfáltica	(1)(20) =	20	kg/m
Material debajo de carpeta (base y sub-base)	(1)(0.50)(1600) =	800	kg/m
Material terraplén	(0.56)(1)(1600) =	896	kg/m
	sumatoria	2394	kg/m
		2.394	ton/m

**Momento por carga muerta**

$$M_{cm} = \frac{(2.394)(2^2)}{8}$$

$$M_{cm} = 1.20 \text{ tm} - \text{m}$$

**Momento por carga muerta que soportará cada metro de ancho de losa**

$$M_{cm} = 1.20 \text{ tm} - \text{m} / \text{m}$$

**Fuerza cortante**

Con el muro sin la carga viva  $V_{cm} = 2.394 \text{ ton}$

Con la carga viva sin muro  $V_{cm} = 2.20 \text{ ton}$

se tomará el mayor

**CALCULO DE LA CARGA VIVA (CV)**

Carga C3 = W  $23 \text{ Ton} = 23000 \text{ kg.}$

Carga de la rueda P= 0.4 W  $9200 \text{ kg}$

CALCULO DE LA CARGA VIVA (CV)

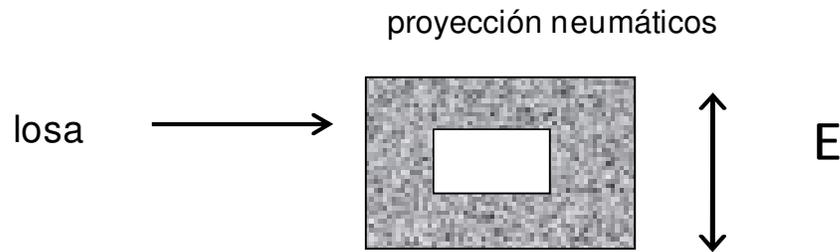
Carga C3 = W 23 Ton = 23000 kg.  
 Carga de la rueda P= 0.4 W 9200 kg

h, en metros  $S = P/A, \text{ kg/m}^2$   
1.11 2376.79093

carga 3244.81 kg/m<sup>2</sup>  
 carga por metro = (1) 3244.81 = 2376.79093 kg/m

como al centro mas desfavorable P = 4753.58186 kg.  
 $M_{cv} = Wl^2/8$  1.188395465 ton-m

Ancho de distribución que absorberá el momento producido,



Ancho de losa que absorberá momento producido

Para claros mayores de 365 cms.

$E = \frac{(10N + W)}{4N}$  N es el número de fajas de circulación y W es el ancho en pies  
fajas circulacion 2 3.280839895

E = 2.910104987 pies  
 E = 0.887 metros

Momento que soportara cada metro de ancho de calzada debido a la carga móvil es:  
 $M_{cv} =$  1.339791956 tonm-m/m

Momento por impacto = 30% cv 0.401937587 tonm-m/m

Momento total carga viva + impacto 1.741729543 ton/m-m

Momento total con carga muerta y carga viva 2.938729543 ton/m-m

Calculo del peralte y armado

dmin= 17 cm  
 peralte losa= dmin + 3 recubrimiento 20 cm  
 $Mu = M * 1.4$  4.114 ton-m

$P = f'c/fy * (1 - (1 - (2 Mu) / FR * b * d^2 * f'c))$  0.004  
 $Pmin = (0.7 * (250^{1/2})) / fy$  0.002  
 $Pmax = ((f'c/fy) * ((4800) / (6000 + fy))) * 0.75$  0.011 como  $Pmin < P < Pmax$ , si cumple

$As = P b d$  6.826 cm<sup>2</sup>

Comparar con  $Ast = (660 X1 / (fy(100 + X1))) * 100$  2.619 cm<sup>2</sup>  
 por lo tanto se aplicara el As  
 Separación de las barras =  $100a0 / As$  29.008 cm  
 pudiendo ir a cada 25 cm.

smin = 6 cm en lado corto  
 smax menos de 50 cm y 3.5 peralte con peralte 70 cm

Número de barras

#	ao (cm <sup>2</sup> )	N° de Barras	As (cm <sup>2</sup> )
3	0.71		
4	1.27		
5	1.98	1	1.98
6	2.85		
7	3.88		
8	5.07		
9	6.41		
10	7.92		
12	11.4		

As = 1.98 cm<sup>2</sup>

Revision por cortante  
 $Vmax * 1.4$  3351.6 kg  
 $Vcr = 0.5 Fr b d (f'c^{1/2})$  8601.395 kg

Si Vcr es mayor a Vu se acepta el peralte

Como en el otro sentido no hay flexion se usa ya sea ast o asmin, el que sea mayor

Comparar con  $Ast = (660 X1 / (fy(100 + X1))) * 100$  2.619 cm<sup>2</sup>  
 $As$  con  $Pmin = Pmin b d$  4.007 cm<sup>2</sup>  
 por lo tanto se utilizara pmin

separación =  $100 a0 / As$  49.414 cm  
 Con esta separacion esta en el limite del maximo ya que la mayor es 50 o  $3.5 * x1$ , por lo tanto se colocaran a cada 45 cm.

Como se calculó como viga ancha el armado será usado a lo largo de toda la alcantarilla o sea a los 12.25 metros. de largo

Ancho	2 m.	fy =	4200 kg/cm2
Longitud alcantarilla	1 m.	f"=	136 kg/cm2
f"=	200 kg/cm2	f*c=	160 kg/cm2
Peso vol. Concreto armado	2400 kg/m3	Concreto simple	2200 kg/m3
Ancho camino	1 m.	fs=	2520
Peso carpeta asfáltica	20 kg/m2	espesor 5 cm.	
Material debajo de carpeta espesor	50 cm	Peso volumétrico	1600 kg/m3
Peralte supuesto h=		20 cm	
Guarnicion 1 solo lado de alto	30 cm	ancho	30 cm
	1 lado		
Carga móvil	C-3		23 Ton
Peso específico Material terraplén			1600 kg/m3
	0.56 m. esp. Promedio		
	en sobreelevación curva		
Peso específico Material terreno natural			1600 kg/m3

#### Anexo J - Calculos de los muros de contención de la alcantarilla del km 11+302

Análisis de cargas actuantes

a) carga muerta del colchón y la losa (estará simplemente apoyada sobre los muros)

losa=	(2)(0.20)(2400)(1)=	960	kg
colchon de tierra =	(0.56)(1)(1600)(2)=	1792	kg
carpeta asfáltica=	(20)(1)(2) =	40	kg
material debajo carpeta=	(0.50)(1)(1600)(2) =	1600	kg
guarnición=	(0.30)(0.30)(2200)(2)=	396	kg
	Total carga muerta =	4788	kg

Carga por metro de ancho de alcantarilla =	4788/1=	4788	kg/m
Carga muerta que soportará cada muro contención	4788/2 =	2394	kg/m

b) carga viva en la losa

camion C-3 23 Ton

como se encuentra un colchón de tierra el peso disminuirá la presión sobre la losa

h en metros	S = P/A	
1.11	2376.791 kg/m2	

Carga por metro de ancho de la losa es=	(1)(2376.791)=	2376.791
	tomando cada muro	1188.396 kg/m

c) carga a impacto 30%	(30% de la carga viva)	
I = carga viva*0.3 = (1188.396)*0.30 =	356.519 kg/m	

d)carga total peso al muro		
Wt= carga muerta + carga viva + impacto		3938.91415 kg/m

e) fuerza por el empuje de tierras sobre el muro

H1 =	0.99 m	H=	1.82 m
Se considerara un relleno tipo III	con relacion H1/H	0.99/1.82 =	0.543956044

y como el talud es mayor a 45 ° entonces se considerara:

KH =	1200	kg/m2/m de la grafica
KV =	600	kg/m2/m de la grafica



Distancias que actuaran de acuerdo a la figura respecto al punto A		
W1 para la losa		0.38 m
W2 empuje tierras $E_H = H/3 = 1.82/3$		0.606 m
W3 empuje tierras $E_V =$		0.88 m
W4 por frenado la cual se considera 1.20 metros arriba de la carpeta		4.01 m
W5 por empuje del agua tirante 0.5 m, aplicada a 1/3	$(0.5)/3+0.5$	0.667 m
W6 Por peso de agua		0.1 m
W7 Peso cuerpo F-1		0.38 m
W8 Peso cuerpo F-2		0.67 m
W9 Peso del relleno 1 sobre muro		0.77 m
W10 Peso del relleno 2 sobre muro		0.77 m
W11 Peso de la base		0.44 m

Factor de seguridad al volteo= Momento resistente / Momento actuante = mayor o igual a 1.5

			FUERZAS	BRAZO	MOMENTO
Fuerzas volteantes	entran	W2	1987.44	0.606	1204.389
		W4	118.840	4.01	476.547
		sumatoria			1680.935
Momento resistente		W1	3938.914	0.38	1496.787
		W3	993.72	0.88	874.474
		W5	125	0.667	83.333
		W6	100	0.1	10.000
		W7 F-1	576	0.38	218.880
		W8 F-2	256	0.67	171.520
		W9	256	0.77	197.120
		W10	81.92	0.77	63.078
		W11	704	0.44	309.760
	sumatoria			3424.953	

Relación de Momento resistente/Momento actuante =  $3424.953/1680.935 =$  2.038

cumple por ser mayor a 1.5 cumple por este concepto

Factor de seguridad por deslizamiento= Relacion entre fuerzas resistentes =(suma fuerzas verticales \* f)+ empuje resistente / empuje deslizante

Fuerzas verticales que se multiplicaran por $f = \tan(2/3 \text{ fi})$ fi= 39	w1	3938.914	kg/m
	w3	993.72	kg/m
	w6	100	kg/m
	w7 F-1	576	kg/m
	w8 F-2	256	kg/m
	w9	256	kg/m
	w10	81.92	kg/m
	w9	704	kg/m
	sumatoria	6906.554	kg/m
	Empujes resistentes	w5	125
Empujes deslizantes	w2	1987.44	kg/m
	w4	118.840	kg/m
	sumatoria	2106.280	kg/m

Relacion entre fuerzas resistentes =(suma fuerzas verticales \* f)+ empuje resistente / empuje deslizante

f= 0.488

$F_s = ((6906.554 * 0.488) + 125) / 2106.28$  1.659 mayor a 1.5 Cumple por este concepto

Por capacidad de carga del terreno

El esfuerzo actuantes = sumatoria de fuerzas verticales / 0.88

0.785 kg/cm<sup>2</sup>

la capacidad del terreno es igual a 10 ton/m<sup>2</sup> = 1kg/cm<sup>2</sup>

Lo que significa que el terreno puede soportar la estructura.

Por lo tanto la sección del muro para todo lo largo de la alcantarilla = 12.25 metros

## Anexo K -Cálculo de aleros de la alcantarilla del km 11+302

Los aleros forman un ángulo de 30° con respecto a la normal del eje del camino y servirán para evitar que material caiga a la corriente.

Por las características topográficas los aleros tendrán una altura presentándose solamente el empuje de las tierras que valdrá como sigue:

1.56 m

a) Fuerza por el empuje de tierras sobre el muro y como el talud es mayor a 10 ° y suelo tipo III entonces se considerara:

KH = 650 kg/m<sup>2</sup>/m de la grafica  
KV= 250 kg/m<sup>2</sup>/m de la grafica

EH= 1/2 KH \* H<sup>2</sup> 790.92 kg/m  
EV= 1/2 KV \* H<sup>2</sup> 304.2 kg/m

Brazo respecto al punto B 0.52 m para EH  
Brazo respecto al punto B 0.88 m para EV

b) peso propio de la estructura.

Cuerpo 1 ancho 0.36 m  
alto 1 m  
peso específico 1600 kg/m<sup>3</sup>

Peso 576 kg/m

Brazo respecto al punto B 0.38 m

Cuerpo 2 ancho 0.32 m  
alto 1 m  
peso específico 1600 kg/m<sup>3</sup>

Peso 256 kg/m

Brazo respecto al punto B 0.67 m

Base ancho 0.88 m  
alto 0.5 m  
peso específico 1600 kg/m<sup>3</sup>

Peso 704 kg/m

Brazo respecto al punto B 0.44 m

Relleno sobre el alero 1 ancho 0.32  
alto 1  
peso específico 1600 kg/m<sup>3</sup>

Peso 256 kg/m

Brazo respecto al punto B 0.67 m

Relleno sobre el alero 2	ancho	0.32 m
	alto	0.06 m
	peso especifico	1600 kg/m <sup>3</sup>
	Peso	15.36 kg/m

Brazo respecto al punto B 0.77 m

c) fuerza ejercida por el agua vale:

$$Pa = (\text{peso especifico agua}) \cdot H^2 / 2 = 125 \text{ kg/m}$$

Peso específico agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>  
H = tirante de aguas máximas ext. 0.5 m

Brazo respecto al punto B 0.67 m

d) peso del agua ( peso del tirante del agua es de

ancho	0.2 m
alto	0.5 m
peso agua	1000 kg/m <sup>3</sup>
Peso	100 kg/m

Brazo respecto al punto B 0.1 m

Momento deslizamiento

	Fuerza	brazo	momento
EH	790.92	0.52	411.2784

Factor de seguridad por Volteo

Cuerpo 1	576	0.38	218.88
Cuerpo 2	256	0.67	171.52
Base	704	0.44	309.76
Relleno 1 sobre el alero	256	0.67	171.52
Relleno 2 sobre el alero	15.36	0.77	11.8272
Empuje agua	125	0.67	83.75
Peso agua	100	0.1	10
EV	304.2	0.88	267.696
	sumatoria		1244.9532

Factor de seguridad al volteo 3.027  
mayor a 1.5 cumple por este concepto

Factor de seguridad por deslizamiento

Fuerzas verticales que se multiplicaran por $f = \tan(2/3 \text{ fi})$	cuerpo 1 cuerpo 2 base relleno sobre el alero 1 relleno sobre el alero 2	576 kg/m 256 kg/m 704 kg/m 256 15.36
fi=	peso agua EV	100 kg/m 304.2 kg/m
39	sumatoria	2211.56 kg/m
Empujes resistentes	empuje agua	125 kg/m
Empujes deslizantes	EH sumatoria	790.92 kg/m 790.92 kg/m
Relación entre fuerzas resistentes = $((\text{suma fuerzas verticales})(f)) + \text{empuje resistente} / \text{empuje deslizante}$		
f=	0.488	
$F_s = ((2211.56 * 0.488) + 1445) / 790.92 =$	1.522	mayor a 1.5 cumple

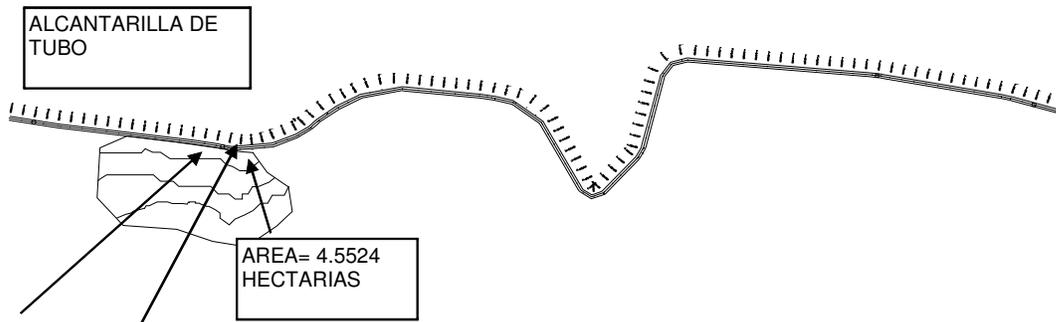
Por capacidad de carga del terreno

El esfuerzo actuantes = sumatoria de fuerzas verticales / 0.88 = 0.251 kg/cm<sup>2</sup>

la capacidad del terreno es igual a 10 ton/m<sup>2</sup> = 1kg/cm<sup>2</sup>  
queriendo decir que el terreno puede soportar la estructura

La sección del alero se acepta, para la longitud de 2.14 metros, distancia que marca la configuración del terreno.

**Anexo L -Cuenca para alcantarilla de tubo del km 12+651.86**



Area de la cuenca = 4.5524 Hectarias

**Pendiente de la cuenca**

CRITERIO DE ALVORD

$$\text{Pendiente} = \frac{\text{Desnivel entre curvas} * \text{Longitud total}}{\text{Area cuenca}}$$

Desnivel constante entre curvas de nivel en Km	0.02 km
Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca en Km	2.9072 km
Area de la cuenca Km <sup>2</sup>	0.045524 km <sup>2</sup>
Pendiente de la cuenca	1.277216413

## ANEXO M.- CALCULOS DE LA ALCANTARILLA DE TUBO DEL KM 12+651.86

Formula de Talbot

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

$$C = 0.6 \quad \text{coef.}$$

$$A = 4.5524 \quad \text{has.}$$

$$S = 0.342576076 \text{ m}^2$$

Aumentando el área de la sección un 25% por azolve.

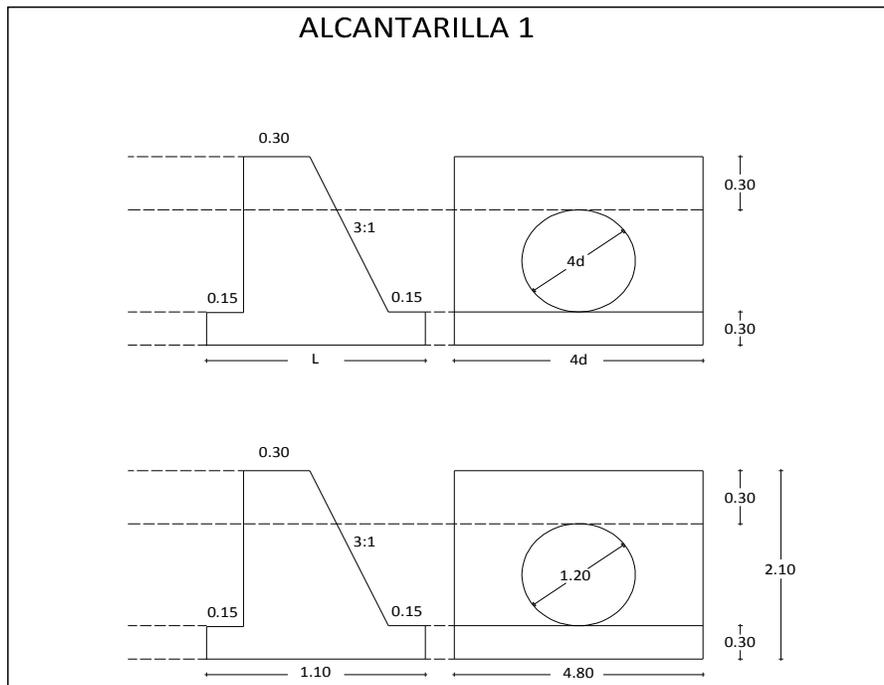
$$S + 25\% = 0.4282 \text{ m}^2$$

Despejando D de la fórmula del círculo se tiene que:

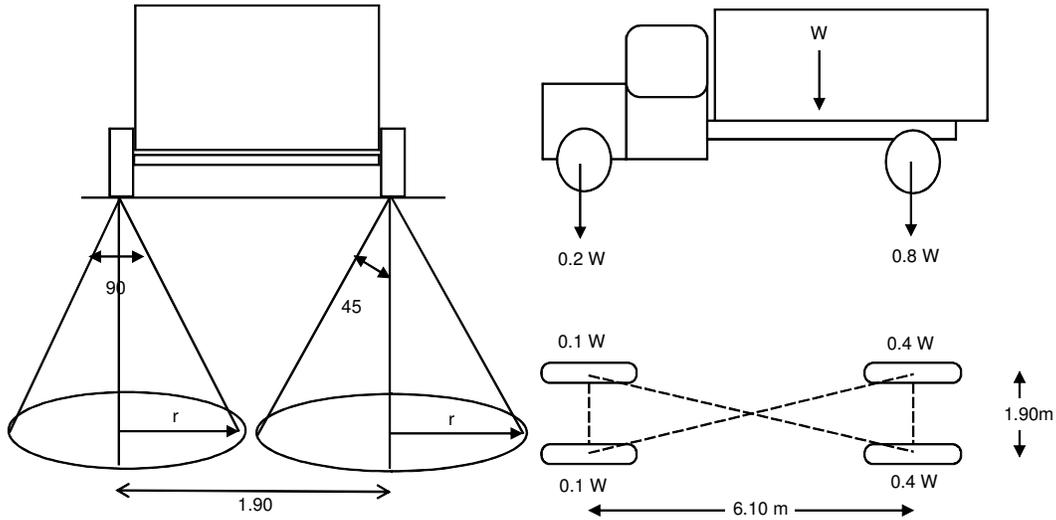
$$d = 0.74 \text{ m}$$

Se necesita un tubo de 74 cm de diámetro, pero la norma de la SCT marca 1.07 m como diámetro mínimo. por lo tanto se utilizará un tubo de 1.20m ADS

## DISEÑO DE LOS MUROS DE CABEZA PARA LA ALCANTARILLA



**Análisis de las cargas vivas actuantes en la alcantarilla**



Análisis con vehículo C3 de acuerdo a la SCT

Largo=	6.1	m
Ancho=	1.9	m
Peso=	23000	kg

P = Carga de la rueda = 0.4 W

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

h = Profundidad del cono de transmisión de esfuerzos

$$r = h = \frac{1.9}{2} = 0.95$$

$$P = 0.4 \times 23000 = 9200 \text{ kg}$$

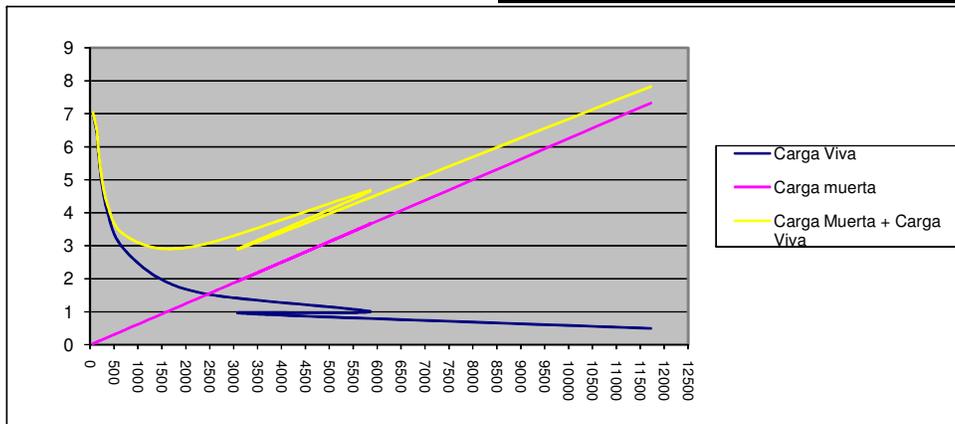
$$S = \frac{P}{A} = \frac{9200}{n r^2} = \frac{9200}{2.83385} = 3246.47$$

Calculo de la dist. A la que hay que dejar de multiplicar por 2

$$L = 6.39 \text{ m}$$

$$\text{Peso vol. Del suelo} = 1600 \text{ kg/m}^3$$

h, en metros	S = P/A, en Kg/m2	n = S/γ, en metros.	d = n + n', en metros
0.500	11719.7	7.32	7.82
0.950	3246.5	2.03	2.98
1.000	5859.9	3.66	4.66
1.500	2604.4	1.63	3.13
2.000	1465.0	0.92	2.92
3.000	651.1	0.41	3.41
4.000	366.2	0.23	4.23
5.000	234.4	0.15	5.15
6.000	162.8	0.10	6.10
6.389	143.6	0.09	6.48
7.000	59.8	0.04	7.04



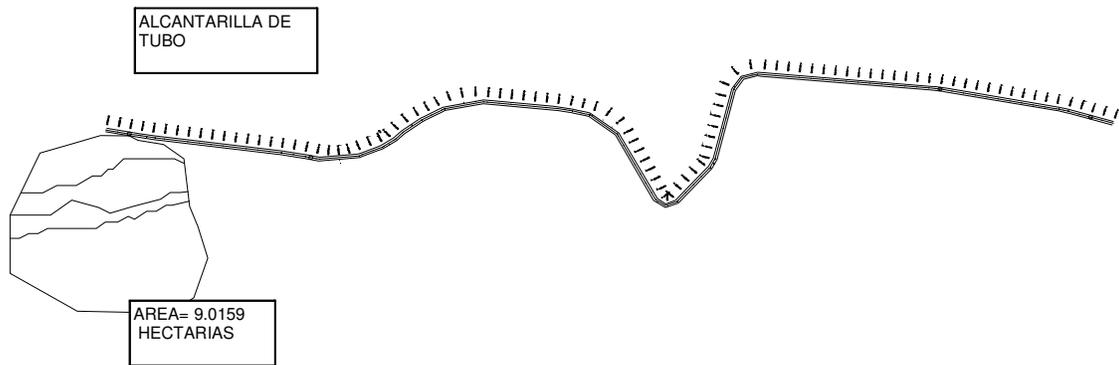
Carga unitaria donde se intersecan las curva de carga viva y muerta

1.50	2604.4	1.63	3.13
------	--------	------	------

Carga unitaria sobre alcantarilla	Carga resistente del tubo
2604.4 Kg/m2	< 12550.2 Kg/m2

Por lo tanto se acepta el tubo por flexión con un colchón de 1.5m

**Anexo N -Cuenca para alcantarilla de tubo del km 12+960**



Area de la cuenca = 9.0159 Hectarias

**Pendiente de la cuenca**

CRITERIO DE ALVORD

$$\text{Pendiente} = \frac{\text{Desnivel entre curvas} * \text{Longitud total}}{\text{Area cuenca}}$$

Desnivel constante entre curvas de nivel en Km	0.02 km
Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca en Km	0.9553 km
Area de la cuenca Km2	0.090159 km2
Pendiente de la cuenca	0.211914507

## ANEXO O.- CALCULOS DE LA ALCANTARILLA DE TUBO DEL KM 12+960

Formula de Talbot

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

$$C = 0.6 \quad \text{coef.}$$

$$A = 9.0159 \quad \text{has.}$$

$$S = 0.571917696 \text{ m}^2$$

Aumentando el área de la sección un 25% por azolve.

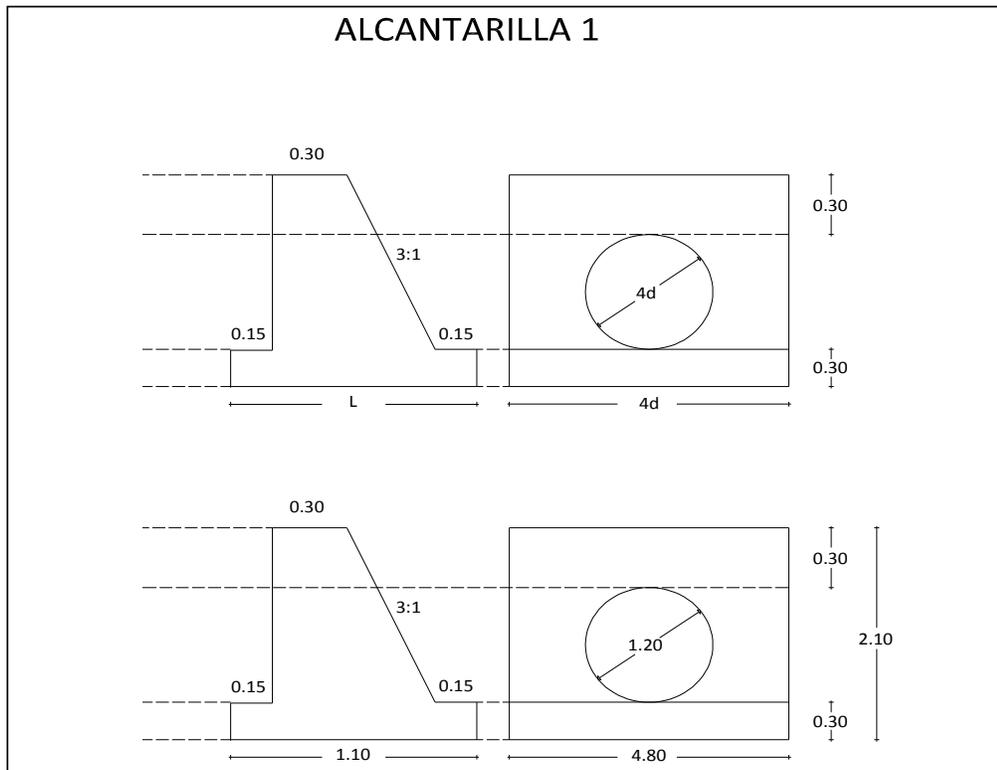
$$S + 25\% = 0.7149 \text{ m}^2$$

Despejando D de la fórmula del círculo se tiene que:

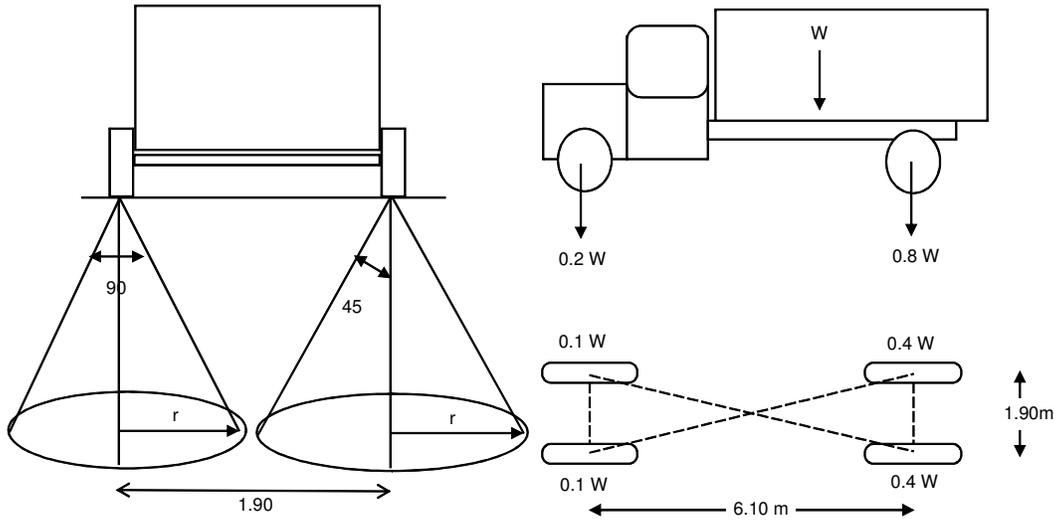
$$d = 0.95 \text{ m}$$

Se necesita un tubo de 95 cm de diámetro, pero la norma de la SCT marca 1.07 m como diámetro mínimo. por lo tanto se utilizará un tubo de 1.20m ADS

## DISEÑO DE LOS MUROS DE CABEZA PARA LA ALCANTARILLA



**Análisis de las cargas vivas actuantes en la alcantarilla**



Análisis con vehículo C3 de acuerdo a la SCT

Largo=	6.1	m
Ancho=	1.9	m
Peso=	23000	kg

P = Carga de la rueda = 0.4 W

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

h = Profundidad del cono de transmisión de esfuerzos

$$r = h = \frac{1.9}{2} = 0.95$$

$$P = 0.4 \times 23000 = 9200 \text{ kg}$$

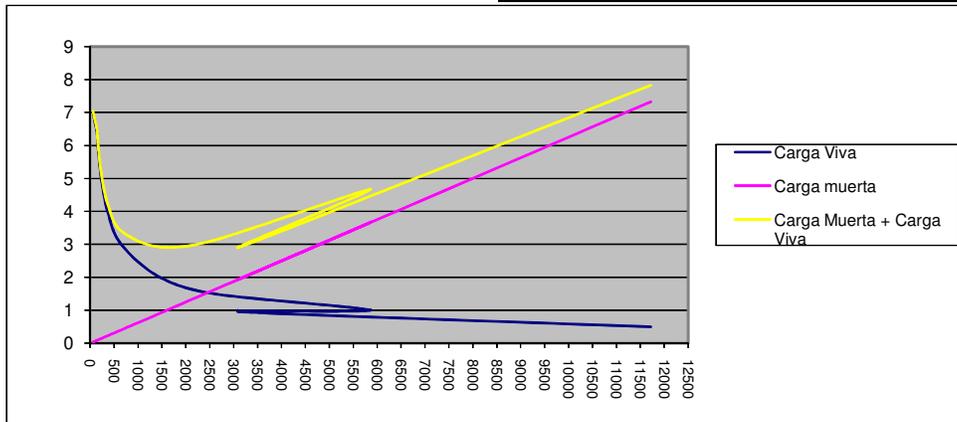
$$S = \frac{P}{A} = \frac{9200}{n^2} = \frac{9200}{2.83385} = 3246.47$$

Calculo de la dist. A la que hay que dejar de multiplicar por 2

$$L = 6.39 \text{ m}$$

$$\text{Peso vol. Del suelo} = 1600 \text{ kg/m}^3$$

h, en metros	S = P/A, en Kg/m <sup>2</sup>	n = S/γ, en metros.	d = n + n', en metros
0.500	11719.7	7.32	7.82
0.950	3246.5	2.03	2.98
1.000	5859.9	3.66	4.66
1.500	2604.4	1.63	3.13
2.000	1465.0	0.92	2.92
3.000	651.1	0.41	3.41
4.000	366.2	0.23	4.23
5.000	234.4	0.15	5.15
6.000	162.8	0.10	6.10
6.389	143.6	0.09	6.48
7.000	59.8	0.04	7.04

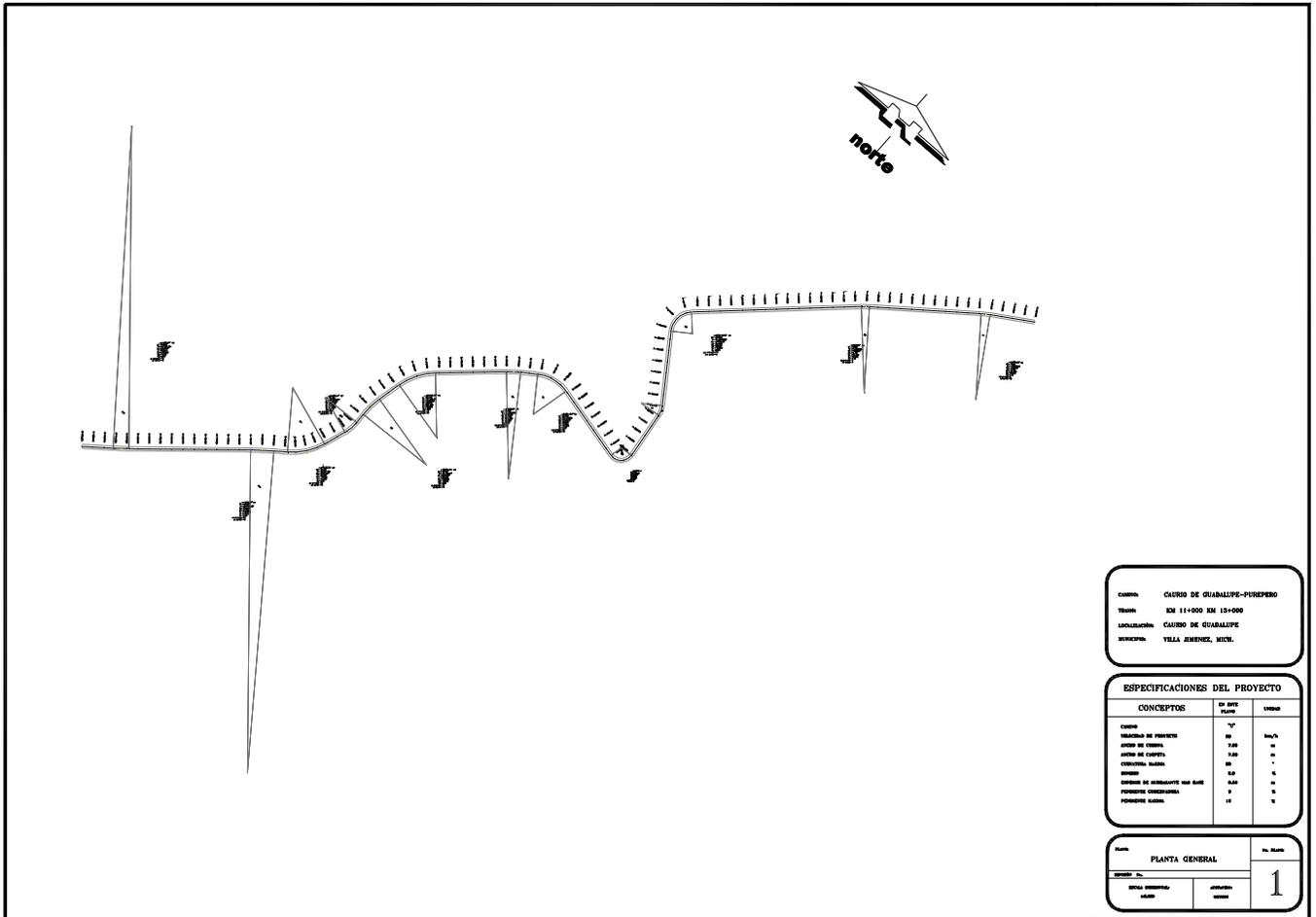


Carga unitaria donde se intersecan las curva de carga viva y muerta

1.55	2439.1	1.52	3.07
------	--------	------	------

Carga unitaria sobre alcantarilla	Carga resistente del tubo
2439.1 Kg/m <sup>2</sup>	12550.2 Kg/m <sup>2</sup>

Por lo tanto se acepta el tubo por flexión con un colchón de 1.4m



<b>CARRIL: CAURIO DE GUADALUPE-PURÉPERO</b> <b>TRAMO: KM 11+000 KM 13+000</b> <b>LOCALIDAD: CAURIO DE GUADALUPE</b> <b>MUNICIPIO: VILLA ARRIENZ, MICH.</b>		
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO		
CONCEPTOS	EL. MET.	UNIDAD
CARRIL	10'	Mts
ANCHO DE CARRETERA	7.50	Mts
ANCHO DE CARRETEL	3.00	Mts
CONCRETO MARI	10	Mts
GRANULOS	0.40	Mts
GRANULOS DE ARRILLANTE MAS BARR	0.40	Mts
FUNDICION CONCRETO	0	Mts
FUNDICION ACERO	1.0	Mts
<b>PLANTA GENERAL</b>		
<b>NO. HOJA</b>		<b>1</b>

Plano No. 1 Planta general del tramo carretero Caurio de Guadalupe-Purépero del kilometro 11+000 al 13+000.





CONCEPTOS PLAN DE SECCIONES		3	
ESTACIONES DEL PROYECTO ESTACION 11+000 ESTACION 11+200 ESTACION 11+400 ESTACION 11+600 ESTACION 11+800 ESTACION 12+000 ESTACION 12+200		ESTACIONES DEL PROYECTO ESTACION 11+000 ESTACION 11+200 ESTACION 11+400 ESTACION 11+600 ESTACION 11+800 ESTACION 12+000 ESTACION 12+200	

Plano No. 3 Secciones del tramo carretero Caurio de Guadalupe-Purépero del kilometro 11+000 al 12+200.



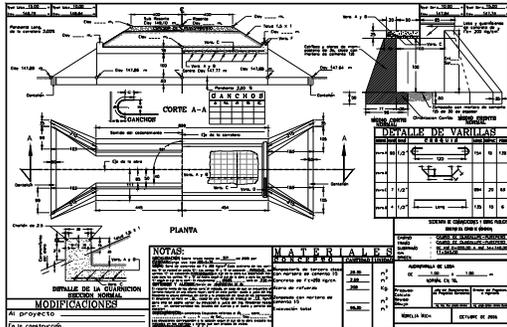
COTA DE CALIDAD EXISTENTE  
 COTA DE CALIDAD DE DISEÑO  
 COTA DE CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN  
 COTA DE CALIDAD DE ENTORNO

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	
CONCEPTO	VALOR
ANCHO DE CALIDAD EXISTENTE	10.00
ANCHO DE CALIDAD DE DISEÑO	10.00
ANCHO DE CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	10.00
ANCHO DE CALIDAD DE ENTORNO	10.00
ANCHO DE CALIDAD DE DISEÑO	10.00
ANCHO DE CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	10.00
ANCHO DE CALIDAD DE ENTORNO	10.00

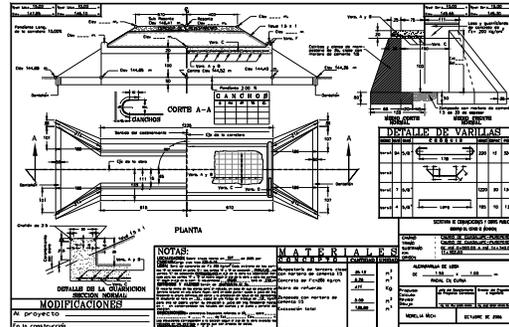
PLANO DE SECCIONES	
NO.	DESCRIPCIÓN
4	SECCIONES DEL TRAMO CARRETERO CAURIO DE GUADALUPE-PURÉPERO DEL KILOMETRO 12+220 AL 13+200.

Plano No. 4 Secciones del tramo carretero Caurio de Guadalupe-Purépero del kilometro 12+220 al 13+200.

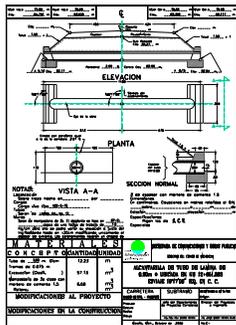
DETALLE DE LA ALCANTARILLA DEL KILOMETRO 11+040.



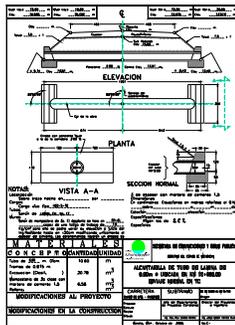
DETALLE DE LA ALCANTARILLA DEL KILOMETRO 11+302.



DETALLE DE LA ALCANTARILLA DEL KILOMETRO 12+651.86



DETALLE DE LA ALCANTARILLA DEL KILOMETRO 12+651.86



CARRIO: CAJIBO DE GUADALUPE-PUREPEÑO  
 TRAMO: KM 11+000 AL KM 13+000  
 LOCALIDAD: CAJIBO DE GUADALUPE  
 MUNICIPIO: VILLA JIMENEZ

PLANO: DETALLE DE LAS ALCANTARILLAS DEL KM 11+040, 11+302, 12+651.86, 12+960  
 REVISION No. NUMERO DE PLANO:  
 ESCALA HORIZONTAL: 5

Plano No. 5 Detalle de alcantarillas del kilometro 11+040, 11+302, 12+651.86 y 12+960