

# **UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Incorporación No.8727 - 15

a la Universidad Nacional Autónoma de México.

## **Escuela de Ingeniería Civil**

### **DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL BOULEVARD INDUSTRIAL DEL KM 9+800 AL 10+900 EN LA CIUDAD DE URUAPAN, MICH.**

**Tesis**

**que para obtener el título de**

**Ingeniero Civil**

**Presenta:**

**Cristian Pérez Sepúlveda**

**Asesor:**

**I. C. Guillermo Navarrete Calderón**

Uruapan, Michoacán, 24 de Marzo del 2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

La vida es el regalo más hermoso que he recibido, desde la fecha en que Dios me dio la oportunidad de pisar este mundo, he descubierto que el camino no es fácil, que el destino se forja día con día, que las metas y objetivos que te fijas en tu camino son quienes marcan el éxito, siendo las personas que se cruzan en tu camino elementos esenciales para lograr los mismos objetivos.

Quiero especialmente decirle a Dios gracias, por darme la oportunidad de concluir con una etapa de mi camino, por haberme dado la dicha de seguir con vida para poder cumplir un objetivo más en mi destino, por no dejarme caer en los momentos en que los objetivos parecen inalcanzables, por la familia que me ha dado, porque abrió un nuevo horizonte para alcanzar un nuevo objetivo.

A mis padres, el Sr. Lázaro Pérez M. y la Sra. Ana Ma. Sepúlveda S. porque desde que me formé en el vientre de mi madre tenían marcado un camino con distintos objetivos, objetivos que no se lograrían sin él apoyo incondicional que me han brindado, por todos esos consejos que me han regalado, por la educación que me dieron, por esos valores que desde niño depositaron en mí, porque en el hogar donde crecí aprendí que la familia es elemento principal para salir adelante y alcanzar los objetivos venciendo los obstáculos que la vida nos ofrece,.

A mis hermanos que me enseñaron a sonreír cuando las circunstancias no eran buenas, porque en los momentos en que necesité su apoyo han estado ahí para compartir tristezas y alegrías, porque me enseñaron que cada etapa de la vida se vive con alegría.

A los profesores que me brindan los conocimientos necesarios para concluir este trabajo de investigación, así como a todos esos profesores que en algún nivel educativo tuvieron la tarea de transmitir los conocimientos que me abrirían nuevas puertas para seguir el camino del éxito, agradezco a los profesores por guiarme en el desarrollo de la investigación, especialmente a mi asesor, ya que sin su apoyo este objetivo no podría lograrse satisfactoriamente.

A mis amigos que siempre de una forma u otra con sus errores y virtudes me enseñaron a ser auténtico, a comprender el verdadero valor de la amistad, que me enseñaron a conseguir mis objetivos, porque me han enseñado a levantarme cuando estoy caído y por todos los consejos que me han dado.

# ÍNDICE

## **Introducción.**

Antecedentes.	.1
Planteamiento del Problema.	.4
Objetivos.	.5
Pregunta de Investigación.	.6
Justificación.	.6
Marco de referencia.	.8

## **Capítulo 1. Vías terrestres.**

1.1. Vías de comunicación	.10
1.2. Historia de las vías terrestres	.13
1.3. Historia de los caminos en México	.16
1.4. Inventario de caminos	.18
1.4.1. Aplicación de los inventarios de caminos	.18
1.5. Planeación de caminos	.20
1.5.1. Estudios previos	.22
1.6. Clasificación de los caminos	.24

1.7. Elementos de una carretera	.29
1.7.1. Barras de Protección y separadores de Trafico.	.31
1.7.2. Señalamientos de una Carretera	.33
1.8. Seguridad de las carreteras	.37
1.9. Derecho de vía	.39

## **Capítulo 2. Pavimentos.**

2.1. Concepto de pavimento	.41
2..2. Generalidades de los pavimentos	.42
2.3. Clasificación de los pavimentos	.46
2.3.1. Pavimentos flexibles	.47
2.3.1.1. Concreto asphaltico	.59
2.3.1.2. Asfaltos	.59
2.3.1.3. Emulsiones asfálticas	.60
2.3.1.4. Drenaje de pavimentos flexibles	.61
2.3.1.5. Deterioro del pavimento	.62
2.3.2. Pavimentos rígidos	.64

2.3.2.1. Elementos de un pavimento rígido	.67
2.3.2.2. Cortes de juntas	.71
2.3.2.3. Sello de juntas	.72
2.4. Métodos de diseño	.73
2.4.1. Método ASSHTO	.73
2.4.2. Método de la UNAM	.76
2.5. Aforo vehicular	.78

### **Capítulo 3. Resumen ejecutivo de macro y microlocalización**

3.1. Generalidades	.80
3.2. Objetivo y alcance del proyecto	.82
3.3. Resumen ejecutivo	.82
3.4. Entorno geográfico	.84
3.5. Macro y microlocalización	.85
3.5.1. Macrolocalización	.86
3.5.2. Microlocalización	.87
3.6. Hidrografía	.88

3.7. Economía	.89
3.8 Topografía	.89
3.9. Reporte fotográfico de la zona	.90
3.10. Alternativas de solución	.94

#### **Capítulo 4. Metodología**

4.1. Método empleado	.96
4.1.1. Método Matemático	.97
4.2. Enfoque de la investigación	.98
4.2.1. Alcance de la investigación	.99
4.3. Diseño de la investigación	.99
4.4. Instrumentos de recopilación.	.101
4.5. Descripción del proceso de investigación	.102

#### **Capítulo 5. Análisis e interpretación de los resultados.**

5.1. Tipo de suelo	105
5.2. Diseño de pavimento de concreto hidráulico	118



5.2.1. Datos del pavimento	. . . . .	119
5.2.2. Espesor del pavimento	. . . . .	122
5.2.3. Modulaci3n de la losa de concreto	. . . . .	122
5.3. Interpretaci3n de los resultados	. . . . .	124
<b>Conclusiones</b>	. . . . .	126
<b>Bibliograf3a</b>	. . . . .	129
<b>Anexos</b>		

## RESUMEN

La investigación que se presenta acerca del diseño de la estructura de pavimento rígido para el Boulevard Industrial del Km 9+800 al Km 10+900 en la ciudad de Uruapan, Michoacán, tiene como objetivo principal diseñar la estructura de pavimento rígido para la zona en mención, indicando cual es el diseño idóneo para este tipo de pavimento y las condiciones de tráfico en el sitio de estudio.

Se realiza una breve reseña de las vías terrestres así como las variaciones de los caminos, clasificación, elementos que contienen y mencionando como son las condiciones en que deben operar, así como el revestimiento adecuado que debe de recibir según el tipo de tráfico vehicular. Existe dentro de este documento de investigación una clasificación de los pavimentos y los materiales que contienen, además se tienen los métodos de diseño de pavimentos más usuales.

La investigación se inclina por el método científico ya que esta es desarrollada con fines de estudio, y tomando las condiciones para el análisis de la investigación el método matemático ya que el objetivo de la misma emplea los números, que por lo mismo el enfoque que tiene es de carácter cuantitativo.

En el análisis de campo desarrollado se tienen los aforos vehiculares obtenidos en el tramo en estudio así como el tipo de suelo que se encuentra en él, de esta manera obtenidos estos datos y analizados en el laboratorio se procede al diseño con el método AASHTO para pavimentos rígidos obteniendo como resultado las características idóneas mostradas en el anexo II de esta investigación para el tramo en particular presente en el anexo I de la misma.

Se presenta una lista de las fuentes que se consultaron para llevar a cabo el desarrollo de la investigación, mostrando la procedencia de las fuentes, donde la investigación se apoya para tener un mayor panorama de su contenido.

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

El desarrollo de la infraestructura carretera comenzó con la necesidad de comunicar dos puntos o lugares, a los cuales al hombre le surge la inquietud de trasladarse, pero cada vez con la necesidad de recortar los tiempos de traslado de un punto a otro; para esto se tenía que prever el sitio por donde se llegaría al sitio donde se deseaba llegar y así tener una vereda, camino o una ruta por la cual transitar y así tener acceso a los puntos que requería llegar.

Cada vez fue mayor la necesidad de acortar el factor del tiempo de traslado, por lo cual el hombre tuvo que ver la forma de acortar las distancias que recorría por lo que, una vez descubierta la ruta por donde se guiaría hasta su objetivo, tenía que ir mejorando el sitio por donde se conduciría, fue así como surgen los caminos; una vez teniendo la ruta de comunicación que el hombre seguía, éste se vio en la necesidad de buscar un medio de transporte, el cual tuviera la capacidad de transportar a más de un individuo y acortar el tiempo principalmente, con esto surge el automóvil, que con el tiempo fue evolucionando hasta llegar a los modelos que existen en la actualidad.

El automóvil vino a ser quien en realidad dio al mundo el concepto de carretera, de acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito (Ley 769 del 2002) una carretera es la vía de comunicación cuyo objetivo es permitir el flujo de la circulación de los automovilistas, con los niveles de seguridad y comodidad aceptables para los usuarios. En la actualidad las carreteras se han ido mejorando dependiendo del uso que éstas tengan y así será el tipo de pavimento que reciban, entendiéndose que "se le denomina pavimento al conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben en forma directa las cargas del tránsito y así las transmiten adecuadamente distribuidas a las capas inferiores". (Olivera:2006;14)

Acerca de lo que es el diseño de pavimentos, en la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C., se encuentran las siguientes investigaciones, la tesis Diseño del Pavimento Flexible del Camino Libramiento Oriente a la Colonia Manuel Pérez Coronado en Uruapan, Michoacán, por Octavio Martínez Chávez, 2001, cuyo objetivo es mostrar la manera adecuada para el diseño de un pavimento flexible, llegando a la conclusión esperada, demostrando cuáles son los espesores de base y sub-base hidráulicas, mediante los 3 métodos de diseño que se manejan en el diseño de pavimentos flexibles; también existe la investigación Comparativo entre el Diseño de Pavimento Asfáltico e Hidráulico para el Proyecto Boulevard Paseo de la Revolución en Uruapan Michoacán, realizada por César I. Madrigal Alarcón, 2003, en la cual su objetivo principal es verificar cuál es la mejor opción de pavimento para esta zona en mención, teniéndose como conclusión que

el pavimento de concreto hidráulico se eleva en costo un 60% más que el pavimento asfáltico, pero con la ventaja de que tal vez pueda ser mayor el costo por mantenimiento en el pavimento asfáltico, concretando que la mejor opción es el pavimento hidráulico; se cuenta también con la investigación Análisis Comparativo de la pavimentación del Camino Jucutacato - Cutzato Tramo del Km 0+000 al Km 3+500 Localidad de Jucutacato Municipio de Uruapan Michoacán, por Jorge A. López Villanueva, 2008, con el objetivo de realizar un buen procedimiento constructivo para la construcción del pavimento en mención, cuya conclusión fue acertada ya que el trabajo que se realizó se llevó de acuerdo con los procedimientos requeridos por la normatividad de la SCT cumpliendo así con los requisitos que ésta pide para la elaboración de pavimentos.

## **Planteamiento del Problema.**

La ingeniería es una de las ciencias que se encargan de dar una mejor funcionalidad a las estructuras que ya existen o en su defecto crear nuevas, para sustituirlas por aquellas en que su estado ya no es favorable o considerable para seguir siendo utilizable.

En la presente investigación se pretende utilizar el diseño de una estructura de un pavimento rígido para el Boulevard Industrial del Km 9+800 al Km 10+900, en la ciudad de Uruapan, Michoacán, ya que en esta vía de tránsito en las épocas de lluvia es cuando se originan mayores daños al pavimento y es uno de los principales problemas para el tránsito vehicular, debido a que en este sitio no existe un sistema de bombeo de camino adecuado; otra de las problemáticas de este sitio es el mantenimiento que éste recibe, y que en ocasiones de nada sirve si no se resuelven los problemas que ocasionan este constante trabajo de reparación.

Por lo anterior, cabe preguntarse ¿Cuál es el Diseño idóneo de la estructura de Pavimento Rígido para el Boulevard Industrial del Km 9+800 al Km 10+900?

## **Objetivos.**

### **Objetivo General:**

Diseñar la estructura de un pavimento rígido para el Boulevard Industrial del Km 9+800 al Km 10+900 de la ciudad de Uruapan, Michoacán, con el propósito de cambiar superficie de rodamiento existente, además de disminuir las constantes reparaciones que se le dan al pavimento ya existente en el lugar de la investigación.

### **Objetivos particulares.**

- Definir el concepto de pavimento.
- Definir la estructura de un pavimento.
- Señalar los tipos de pavimentos que existen.
- Definir un pavimento rígido.
- Diseñar un pavimento rígido.
- Establecer las ventajas que tiene el uso de pavimentos rígidos.
- Mencionar los materiales conforman un pavimento rígido.



## **Pregunta de Investigación.**

Con ésta investigación surge la incógnita siguiente :

¿Cuál es el Diseño idóneo de la estructura de Pavimento Rígido para el Boulevard Industrial del Km 9+800 al 10+900 de la ciudad de Uruapan, Michoacán?

## **Justificación.**

En ésta investigación se pretende que se realice un diseño idóneo de un pavimento rígido, para que este proyecto despierte la inquietud en la sociedad y tanto en la rama de la ingeniería civil como la construcción, de diseñar y llevar a cabo la aplicación de los diseños de estos tipos de pavimentos, con los reglamentos necesarios para su correcta elaboración para las distintas áreas de la ciudad donde se tengan problemáticas similares; este diseño que se pretende utilizar para el sitio de la investigación cabe mencionar que, es uno de los elementos que a la ciudad de Uruapan puede beneficiar para que se inicie la implementación de estos pavimentos ya que éstos no requieren un mantenimiento minucioso que se esté dando constantemente a la vía de tránsito vehicular y así disminuir este aspecto de mantenimiento de pavimentos en la ciudad de Uruapan.

La investigación beneficiará a la comunidad estudiantil, ya que sirve como base para que estudiantes futuros puedan seguir con un proyecto de investigación mejor, la Universidad Don Vasco será una de las partes beneficiadas con la presente investigación ya que podrá ampliar sus documentos de consulta, se beneficiará al encargado de llevar a cabo la investigación presente ya que ampliará su conocimiento acerca de los objetivos que se persiguen con la mencionada.

## **Marco de referencia.**

La investigación llevada a cabo tuvo lugar en la ciudad de Uruapan Michoacán, ciudad ubicada al centro del estado. Es una de las ciudades más importantes de Michoacán; está 62 kms al oeste de Pátzcuaro, a una altura de 1,600 mts sobre el nivel del mar, con clima templado húmedo y una temperatura media anual en la zona está entre los 12° y 20° grados centígrados, donde el lugar ubicado para la investigación es el Boulevard Industrial, que se encuentra en la ciudad de Uruapan, ubicado geográficamente 19° 24´ 56" latitud norte y 102° 03´ 46" de longitud al Oeste del meridiano de Greenwich.

Estas condiciones climáticas que se desarrollan en esta ubicación geográfica, es benéfica y excelente para el desarrollo de la flora y fauna, para la producción de una gran variedad de vegetales y frutales y para una estabilidad climática particularmente agradable, de la que tiene fama la ciudad de Uruapan.

Su latitud, su altura sobre el nivel del mar y su permanente vegetación, plena de agua y humedad, asegura un régimen térmico de 18 a 28 grados centígrados en tiempo de calor y de 6 a 15 en la época de invierno, el frío es agradable, reconfortante y jamás seco y extremoso, por lo que se considera un clima templado a pesar de su cercanía con las regiones calientes y tropicales, hacia el sur, en lo que llamamos tierra caliente.

Su economía radica en el comercio y la industria, aunque la ciudad de Uruapan es conocida como la capital mundial del aguacate, por su gran producción de aguacate, fruta que la comercializan de manera internacional y que es una de las actividades con la que se solventa una gran parte de la sociedad, en la zona en estudio no es de gran relevancia; predomina en el sitio los negocios gastronómicos.

Uno de los atractivos turísticos que tiene la zona es la Presa de Caltzontzin, lugar considerado como una reserva natural, ya que es un área perteneciente a una comunidad indígena conocida con el mismo nombre que lleva la presa, se localiza hacia el norte del sitio de la investigación. Otro lugar que colinda con la zona es el lugar conocido como La Cofradía que es una zona donde se fomenta la agricultura, también la zona en estudio tiene como principal arteria colindante la autopista Siglo XXI quien aporta el mayor flujo vehicular que se introduce en la ciudad de Uruapan.

# CAPÍTULO 1

## VÍAS TERRESTRES

En el presente capítulo se abordarán los temas relacionados con las vías terrestres, que según Olivera (2006), son los medios de comunicación que más ha desarrollado el hombre, estando estas estructuras basadas en la superficie de la tierra para unir dos sitios, así como los inicios de las mismas, realizando una breve reseña de lo que han sido las vías de comunicación así como su evolución hasta la actualidad en México, además de los tipos de caminos que existen y su respectiva clasificación de acuerdo con los fines y propósitos que tiene cada uno de ellos; por otra parte se abordará sobre la planeación de los caminos y su importancia, teniendo en cuenta los indispensables inventarios de caminos y su aplicación.

### **1.1. Vías de comunicación.**

Las vías de comunicación son los medios que se emplean para vencer el obstáculo que opone la distancia a las relaciones entre los hombres. Cuando el hombre tuvo su existencia sobre el planeta, tuvo la necesidad de caminar, recorrer o desplazarse, queriendo cada vez ir más lejos y para poder satisfacer esta necesidad es evidente que debe inventar o crear aquellos elementos útiles que le simplifiquen su desarrollo como ser humano y como sociedad, para poder ir

teniendo la infraestructura que necesita la sociedad. Es así como surgen las vías de comunicación por la misma necesidad que tiene el hombre de llegar a destinos donde antes no tenía acceso, es decir, lograr comunicarse con gente en otros sitios del planeta, ya sea por la vía aérea por la vía marítima o como principalmente fue por la vía terrestre.

Las vías de comunicación son los elementos con cuales cuenta el hombre para transportarse de un lugar a otro conocidos como carreteras o caminos, vías ferroviarias o mediante vías marítimas, esto de acuerdo con Olivera (2006), con los diferentes medios de transporte que existen desde sus inicios hasta los que vemos ahora en la actualidad; teniendo ventajas y desventajas el uso de las diferentes vías de traslado.

Son precisamente sus propias creaciones del hombre lo que lo mueve en el ambiente en que se ha desarrollado, ha llegado a crear nuevos elementos y uno de estos inventos fueron sin lugar a dudas las vías de la comunicación, estos elementos de infraestructura que son utilizables para el transporte de personas o mercancías, constituyen un desarrollo de cada sociedad que va dependiendo de las necesidades de que se tienen en cada ubicación (lugar, población, ciudad, etc.) donde se pretende implementar algunos de estos elementos que vienen a reducir las necesidades del ser humano que tiene de trasladarse de un sitio donde desarrolla actividades con fines profesionales, de trabajo, personales, entre otras;

pero son principalmente las vías terrestres que son las que de una manera u otra han tenido al hombre en movimiento, ya que por su misma situación económica es a estos medios a los que más comúnmente puede tener acceso.

Como se mencionó, las principales vías de comunicación surgen por necesidad, en primer lugar las vías terrestres que son la primera vía de comunicación, iniciando a trasladarse por tierra para realizar sus actividades, después surge como avance de los medios de transporte la vía marítima y conforme fueron los avances tecnológicos hasta que surgió la vía aérea, la cual es mucho más rápida pero suele tener la desventaja de que es de los servicios más costosos, por lo que por esta vía aérea sólo se realizan actividades como el traslado de personas a un destino muy lejano o el de mercancías que suelen ser lo suficientemente importantes o muy comerciales, con las cuales se obtendrá así una ganancia que solventa los gastos del envío.

Otros elementos que en su momento fueron importantes vías de comunicación y que deben señalarse son los teléfonos y telégrafos, aunque en la actualidad no se les da tanto auge, constituyen una de las vías de comunicación que tuvieron importancia en sus tiempos y que fueron un elemento esencial para que el país fuera desarrollando y ser capaz de tener una infraestructura que pueda competir con las demás naciones.

## **1.2. Historia de las vías terrestres.**

Siempre la necesidad es uno de los aspectos o factores que hacen que el hombre despierte su sentido creativo que lo induce a realizar actividades que antes no las hacía y a descubrir al mundo que lo rodea; como es el caso en el descubrimiento de las vías terrestres.

Entre la historia de los caminos y de elementos de las vías terrestres, se conoce que los primeros caminos fueron los de tipo peatonal o como comúnmente se les dice: veredas, que se formaban por el constante deambular de las tribus nómadas que necesitaban transitar por dichas veredas para ir en busca de alimento; cuando el hombre se canso de ser nómada tuvo que elegir un lugar donde establecerse pero obviamente este lugar debía tener lo indispensable para subsistir, con lo cual una vez obtenido, el hombre fue haciendo de las veredas caminos que tenían finalidades religiosas o con algún fin de comercio, es decir, las veredas fueron tomando importancia en el desarrollo de la vida del hombre.

Mientras que el hombre iba desarrollándose en su civilización, también fue creando nuevas formas de llegar al sitio donde lo conducía la vereda, así buscó la manera de que por donde se dirigía tenía que acortar el tiempo de llegada; entonces es así como surge la invención de la rueda, y con esto el primer medio de transporte que se le denominó carreta, esta pues debía de tener



movimiento y se consiguió con la fuerza de los animales, que los amarraban y tenían que jalar la carreta para que esta trasladara a las personas.

Cuando se tenía un elemento para trasportarse, entonces surge la necesidad de mejorar las veredas por donde se dirigía a su objetivo, es así cuando ya las veredas dejan de ser eso y se convierten a lo que comúnmente se le denomina camino, que de acuerdo con la aportación de Olivera (2006), son aquellas vías de comunicación terrestre que se ubican en el medio rural para transitar, con el fin de hacer así el viaje más rápido y por consiguiente más cómodo; se conocen los indicios de estos caminos con los espartanos y los fenicios quienes tuvieron esta iniciativa de crear los primeros caminos.

Los caminos eran cuidados de tal manera que cuando había la precipitación o estaban situados en lugares donde la tierra era un poco blanda, los transeúntes los revestían con piedras machacadas, esto con el fin de que se mejorara la superficie por donde se transitaba y así bajar las cargas que se ejercían sobre el terreno para distribuirlas de una manera adecuada dando una estabilidad mayor a las carretas que eran quienes transitaban los caminos, función que hasta la actualidad deben de desempeñar los caminos actuales.

Con la aparición de las máquinas de vapor en el siglo XVIII, se creó una vía de comunicación muy importante para el desarrollo de la infraestructura ferroviaria que fue la locomotora, la cual para transmitir las cargas a las capas inferiores del camino se tienen unos elementos llamados rieles durmientes que se instalan por la terracería para que aquí la locomotora descargue todo el peso y así se transmita a la superficie de contacto.

Un elemento muy importante y que es ahora en la actualidad uno de los medios de transporte más recurrido por la sociedad, desde su aparición en el siglo XIX, es el automóvil el cual vino a ser quien en realidad dio paso a la infraestructura carretera, porque desde su aparición, los caminos fueron la vía mediante la cual se pondría en circulación, es por eso, que los caminos empezaron a tener el revestimiento adecuado y así hasta ganarse el término de carreteras, término que a medida que la evolución del automóvil éstas también van cambiando.

Las vías terrestres constituyen parte de la infraestructura de los países, que comúnmente estas obras en su mayoría están a cargo del gobierno; "los caminos son la infraestructura de la infraestructura, pues una vez que se ha construido uno de ellos, es más fácil de proporcionar el resto de los servicios". (Olivera;2006:21); los caminos poseen otras ventajas que, por ejemplo las vías férreas y los aeropuertos, porque estos pueden dar servicio de manera en que se van

concluyendo los tramos en construcción, es decir, no se necesita tener concluida toda la obra para comenzar a desempeñar su finalidad, si no que en ésta vía se puede utilizar los tramos que se vayan concluyendo. Las vías terrestres son de gran importancia por lo mismo deben programarse y llevarse a cabo teniendo como fin el beneficio tanto económico como social para los seres humanos.

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

Dentro de la República Mexicana existía un gran número de caminos o veredas, los cuales también debido a su utilización para los diferentes fines fueron cambiando hasta llegar a ser como los que ahorita conocemos; la aparición de las primeras brechas se dio con un monje franciscano llamado Sebastián de Aparicio, con lo cual se fue dando una interconexión con las ciudades más importantes en aquellos tiempos como el puerto de Veracruz, Acapulco, entre otras.

La construcción de las vías para ferrocarriles se da después de la segunda mitad en el siglo XIX, esta actividad fue una de las que tuvo un gran impacto en la sociedad mexicana porque durante el mandato de Porfirio Díaz tuvo su auge, ya fue quien impulso este sector del país para el desarrollo de la economía del país en ese entonces. Este medio de transporte es un elemento que se ha dejado de utilizar y que cada vez está yendo en cuesta bajo, porque no se tiene un conocimiento adecuado de que con una buena manera de administrar este tipo

empresa es sustentable y puede llegar a formar parte de la infraestructura que lleve al país a tener un economía un poco más estable.

En el principio de este siglo se tuvo la llegada del automóvil en el país y estos utilizaron los caminos ya existentes que eran usados en tiempos anteriores por las carretas o reales; una vez teniendo el medio por el cual se debía transportar se comenzó en el año de 1925 a implementar técnicas nuevas para la construcción de estas vías de comunicación. Los primeros caminos que se tienen de este tipo se construyeron por firmas que se dieron por parte de Estados Unidos, los cuales tenían como fin los puntos de la ciudad de México hacia el puerto de Veracruz, hacia Laredo y a la segunda ciudad más importante que era Guadalajara; una vez comenzada la carrera de la construcción de vías ya en 1940 los ingenieros de México iniciaron con esos trabajos, hasta formar en la actualidad los 85 000 km de caminos pavimentados más 120 000 km de caminos secundarios , estos con dicha superficie de transito revestida por algún material usado como carpeta.

Con los caminos en el país no se hizo esperar el impuesto que pondría el gobierno una vez que existiera un medio de transporte, así durante el gobierno del general Plutarco Elías Calles estableció un impuesto que de manera indirecta impactaba en los caminos, así subió tres centavos por litro al precio que tenía la gasolina; además se genera la Comisión Nacional de caminos el 30 de marzo en

el año de 1925 . Con el nuevo organismo los caminos en México tuvieron un gran desarrollo, pero en el año de 1932 ésta comisión de caminos pasó a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, surgiendo con el nombre de Dirección Nacional de Caminos del país.

#### **1.4. Inventario de caminos.**

La necesidad de tener un registro o documentos que sirvan para cuantificar que número de caminos existen en determinado sitio se inició con el concepto de inventario de caminos en el país; para tener estos registros se siguen varios procesos desde el más sencillo hasta el más laborioso, es decir, teniendo un automóvil en movimiento por donde existan caminos y tomando el número de kilómetros que marque este vehículo hasta poderse basar en los elementos de topografía con que se cuente, los cuales arrojarán la información adecuada sobre los caminos que se encuentren. Para precisar sobre estos métodos cabe destacar que el propuesto en primer lugar, no proporciona los requisitos que se necesitan para realizar un inventario, el segundo suele ser elevadamente costoso y en parte tiene el inconveniente de que es tardado.

##### **1.4.1. Aplicación de los inventarios de caminos.**

Los inventarios de caminos tienen aplicación, pues ayudan a la obtención de los caminos que conforman la red que se tiene, sabiéndose que la capacidad

de un camino se determina por diferentes factores que abarcan sus características geométricas de sí mismo, así como las características del tránsito vehicular que pasa sobre el camino.

Entre los principales elementos que influyen para determinar cuál es la capacidad de un camino se encuentra la sección transversal, este elemento geométrico lo componen el ancho de los carriles, una distancia para los obstáculos laterales del camino, el ancho así como el estado en que están los acotamientos, un alineamiento horizontal así como uno vertical, y una distancia de visibilidad de rebase; toda esta información que se mencionó líneas arriba , es el registro que debe contener el inventario, ya que estos elementos suelen tomarse en cuenta para el cálculo de los tramos de un camino.

Una aplicación de los inventarios de caminos es que cabe la posibilidad de señalar en aquellas obras donde sea necesario marcar sus prioridades en los programas que se realizan para la reparación o conservación del camino o en su defecto en su construcción. Esta aplicación puede justificar el hecho de que existan éstos inventarios pero en realidad es muy amplio el número de aplicaciones que contemplan, por ejemplo sirven para tener itinerarios así como tener la información de los sitios por los cuales está ubicado el camino, también para saber si una obra tiene los sistemas de drenaje correspondientes además de

informar si la superficie que envuelve al camino es idónea o no para su transitabilidad.

Una vez que existe un inventario de los caminos que se tienen en determinado lugar, lo que prosigue sólo es la actualización de éste, es decir, registrar o informar sobre los cambios que los caminos tengan en un futuro, marcados los cambios con las fechas en que se realizan así como la información que se recabará en la dependencia que se encuentre a cargo del camino en estudio.

### **1.5. Planeación de caminos.**

Después de 1925 cuando tuvo sus inicios la etapa de desarrollo de México, el país tuvo la necesidad de realizar construcciones para proveer de vías terrestres para la comunicación una vez que existió el medio de transporte conformado por los automóviles; en un principio su evolución no tuvo gran impacto ya que para poder invertir en éstos no era tan complicado, pero a medida que la sociedad iba creciendo la necesidad de comunicación terrestre era mayor y por consiguiente la red de caminos era mayor, por lo que se inició a dar prioridad a aquellos caminos que tenían como fin una primera necesidad o en su defecto que se utilizaran para incrementar la economía de algún sector de la población, así se decide optar por una planeación adecuada de cuales caminos serían los que primeramente debían realizarse.

Los últimos regímenes de gobierno del país, para sus políticas acerca de los caminos se basó principalmente en los conceptos de la conservación de la red de caminos que en esos tiempos existía así como terminar las obras faltantes en materia de carreteras siempre y cuando los beneficios previstos en cada proyecto a corto tiempo, además de realizar la construcción de los caminos a cuyos pueblos se tienen incomunicados con la ciudad que se encontrará más cerca desarrollada y un aspecto que en la planeación de los caminos en la actualidad aún se está tomando en cuenta es la ampliación futura para que se tenga un mejor sistema vial en aquellas zonas donde ya se cuentan con infraestructuras considerables.

La planeación de una red vial implica que se deban incluir construcciones de las obras que faltan por realizar en las cuales exista la comunicación de la república con aquellos estados que no cuentan con los caminos adecuados para lograr este propósito así como llegar a los puertos marítimos con que cuenta el país además de sus principales ciudades fronterizas para lograr así un desarrollo benéfico para el país.

Así como se planean los caminos, así mismo se planea su construcción, pero primero que nada se ve cuál es el costo-beneficio del camino, para ver si es conveniente llevarse a cabo en ese instante de tiempo o no. Uno de los factores que se implementan en la elaboración de los caminos y que se da con una planeación adecuada es la realización de la obra por etapas, ya que depende



muchas veces su culminación del apoyo económico que se esté aplicando para el proyecto en mención, y del propósito para el cual se desarrolla la obra.

La elaboración de un camino por etapas suele ser tardado porque se avanza en relación al recurso económico, es decir, si existe capital se construye de una forma rápida y si no es así el proceso de la construcción se interrumpe cada vez que falta capital; es de gran importancia por eso la planeación de los caminos así como de las rutas de caminos que puedan existir en el país en futuro, y, por consiguiente, tener una visión de desarrollo vial del país para su propio aprovechamiento.

#### **1.5.1. Estudios previos.**

Cuando se planean las carreteras se tienen por lo regular estudios previos, los cuales tienen como objetivo verificar la viabilidad del proyecto a construirse justificando la necesidad de construcción de la vía o en su defecto cuando se construyen con el propósito de descongestionar algunos tramos que son de mayor uso vehicular. En función de las expectativas que se tengan se desarrolla un tipo u otro de vía, según las exigencias que se tengan.

Cuando los proyectos de caminos han sido declarados viables, se prosigue con la realización de los diferentes tipo de estudios, cuyo objetivo es tener una

adecuada planificación de la obra en proyección. Algunos de los estudio que son viables realizar según Luis Bañón (2010) son:

- Estudio de planeamiento.

En este tipo de estudio es donde se define el esquema del desarrollo vial del proyecto así como sus dimensiones y características recomendadas, las necesidades del suelo, y otras limitaciones que se tienen a la vista del planeamiento territorial. También se estudia los factores urbanísticos y socioeconómicos del sitio donde se va originar el proyecto y los lugares que están en su contorno. Este estudio se realiza para que los municipios que resulten afectados dispongan de las medidas necesarias para evitar la construcción de cualquier tipo de obra que encuentre en la zona afectada.

- Estudios técnicos previos.

Son los estudios que se encargan de reunir la información necesaria de la zona que se verá afectada por la construcción del proyecto carretero, valorando aquí los efectos derivados de su construcción. Estos estudios suelen ser los que se conocen con el nombre de estudios topográficos, geotécnicos, de geología, pluviometría y de desarrollo urbano de la zona afectada.

- Estudio informativo.

Este tipo de estudio está formado por un conjunto de documentos que definen con grandes rasgos el trazado y las características de la carretera, todos los documentos sometidos a un plazo de exposición pública para que cualquier persona implicada puede imponer posibles alegaciones. Una vez que el plazo de exposición concluye se verifican las alegaciones existentes para que se realiza o no la verificación del trazo carretero si así lo considera oportunamente la autoridad correspondiente.

#### **1.6. Clasificación de los caminos.**

Los caminos de acuerdo con Dittenhoeffer (1999), es en primer lugar un medio de transporte, así estos se deben de construir con la finalidad de poder sostener y mantener de manera adecuada el tránsito vehicular; con el objetivo que se pretende, el diseño de los caminos se centra principalmente en cumplir con la necesidades de resistencia, seguridad y uniformidad.

Para poder formar un diseño adecuado sobre los caminos esto se tiene en base a la experiencia que con la práctica se va adquiriendo a través de los años, sin embargo la investigación también es uno de los aspectos que han favorecido para plantear un diseño de caminos adecuado. Los caminos están ligados de

manera íntima con la superficie de la tierra que en muchas de las ocasiones no permiten que se tengan datos matemáticos exactos para su proyección.

Los caminos se clasifican dependiendo del tipo y fin que se tenga para su funcionamiento, los caminos pueden ser clasificados desde aquellos que son de tierra hasta las carreteras donde el acceso es limitado, es decir, aquellas que en la actualidad se les da el nombre de supercarreteras; se han clasificado a las carreteras en México, según Crespo Villalaz (2008) dependiendo del tipo y uso que estos tengan una vez realizada su construcción, de esta manera:

- Clasificación por transitabilidad.

En primer lugar las clasificó por su transitabilidad, siendo en esta clasificación donde tiene cabida la construcción de la carretera, por este aspecto la carretera puede ser de terracería, siendo este tipo cuando sólo se tiene la construcción del camino hasta la etapa de tener la subrasante la cual es transitable; revestida, cuando ya se supera la terracería, es decir, cuando la superficie de subrasante recibe un material granular que por lo general es de mayor calidad que la terracería y es transitable, sin embargo cuando la parte de la carretera que esta revestida se coloca una capa de pavimento se clasifica como pavimentada.

Esta pequeña clasificación es de gran importancia, ya que sirve de mucha utilidad para la cartografía, ya que dependiendo del tipo de carretera que se tenga así le da una representación en su cartas geográficas.

- Clasificación administrativa.

Consiste en separar las carreteras por medio de los aspectos administrativos, así como se hace con las carreteras federales siendo todas aquellas que se encuentran a cargo de la federación y son costeadas por la misma institución; las carreteras estatales surgen cuando el gobierno del estado donde se va a construir el camino tiene la colaboración de los gastos con una aportación del 50% y la otra mitad la aporta la federación, quedando a cargo la carretera de la Junta Local de Caminos. Caminos rurales o vecinales siendo estos contruidos por medio de la aportación monetario de los usuarios que se beneficiarán con su construcción colaborando económicamente con una tercera parte, un tercio lo aporta la federación y el resto lo aporta el estado en beneficio, la construcción de estos caminos así como su administración la realiza la Junta Local de Caminos.

Los caminos de Cuota entran en esta clasificación, ya que son administrados por la dependencia que se conoce como Caminos y Puentes Federales (CAPUFE), así como las carreteras concesionadas y autopistas las

cuales se construyen con la iniciativa privada, y una vez que se recupera la inversión queda a cargo de la mencionada comisión.

- Clasificación técnica oficial.

Esta clasificación permite distinguir en forma más precisa la categoría física en que se tiene el camino, ya que por medio de los volúmenes de tránsito vehicular clasifica el camino. En México el organismo encargado de clasificar los caminos de esta manera es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.):

- a) Camino tipo especial. Se tiene esta clasificación para tránsito promedio diario anual mayor de 3,000 automóviles, lo que equivale a un tránsito horario máximo anual de 360 vehículos o cantidades por arriba de esta, por lo que su estudio resulta ser de tipo especial, llegando éstos a estar formados por una capacidad de dos a cuatro carriles en un solo cuerpo (sentido en que viaja un vehículo), siéndoles llamados o representados como A2 y A4 según sea, o siendo de cuatro carriles en dos cuerpos diferentes denominándoseles A4,S.
- b) Camino tipo A. Son caminos por los cuales ocurre un tránsito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 de vehículos, equivalente a un tránsito máximo horario por año de 180 a 360 vehículos.

- c) Camino tipo B. Caminos acondicionados para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1,500 vehículos, lo cual también interpretado como un tránsito máximo horario anual de 60 a 180 vehículos.
  
- d) Camino tipo C. Este es clasificado como Tipo c porque su tránsito promedio diario anual es de 50 a 500 vehículos, que es en un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos.

En la clasificación técnica se considera un 50% el tránsito de vehículos pesados los cuales son los que contienen un peso de tres toneladas por eje del vehículo o una cantidad mayor. El número de los vehículos que se tiene para dar ésta clasificación es aquel que circula en ambas direcciones y sin ninguna consideración de transformar aquellos vehículos que son de uso comercial como pasar a formar parte de aquellos que son ligeros.

Cuando se proyecta una red caminera con visión nacional que, de acuerdo con Mier (1987) son una serie de rutas de caminos ya sea pavimentados o no, los cuales comunican varios puntos importantes donde se desea llegar, se debe tomar en cuenta todos aquellos caminos ya sean los que su construcción son de muy elevado costo hasta los caminos de terracerías que su construcción no representa un costo muy grande, pero que también son de importancia en una red de caminos.

## 1.7. Elementos de una carretera.

Los elementos principales que se toman en cuenta en las carreteras son varios, pero principalmente estos se comprenden en la sección transversal que sosteniendo la idea de Mier (1987), un es un corte de la estructura en estudio, en la cual aparecen la partes que conforman dicha estructura; respecto a este concepto surgen los elementos que conforman en sí la carretera que de acuerdo a Bañón (2010) son los siguientes:

- Bombeo. Es el desnivel o inclinación lateral que se le da al pavimento para que este tenga un desagüe de la superficie de rodamiento para que no sea afectada y en su defecto sea un obstáculo de transitabilidad.
- Superficie de Rodamiento o calzada. Es la parte de la carretera que tiene como finalidad la circulación adecuada de los vehículos, ésta puede ser de uno o varios carriles según sea el tipo de carretera que se trate así mismo puede ser de uno o dos sentidos, estos parámetros los determina la finalidad para la que se proyecta la obra.
- Carril. Es la franja longitudinal en se puede dividir la calzada, delimitada por los señalamientos viales horizontales, debe tener un ancho necesario para que este sea propicio para la circulación siendo 3.50 m el ancho estándar de carriles en México.



- Arcén. Es una franja que va de manera longitudinal es contigua a la calzada, la cual no es de uso frecuente para los automóviles sólo en excepciones se llega a utilizar.
  
- Berma. Es la zona que se encuentra longitudinalmente ubicada entre el borde exterior del arcén y de la cuneta o el terraplén. Este elemento por lo regular llega a utilizarse como espacio para la colocación de iluminación o para los señalamiento de la misma carretera.
  
- Mediana. Tiene como finalidad separar dos calzadas que van en distintos sentido siendo una franja a lo largo de la vía, su ancho es variable dependiendo del proyecto y puede contener las barreras que separan el tránsito.
  
- Cunetas. Son los conductos que están de manera longitudinal en la orilla de las carreteras con el fin de acaparar y evacuar el agua que se tiene además conducirla a un sitio donde no tenga contacto con la carretera y pueda ocasionar un deterioro de la calzada.

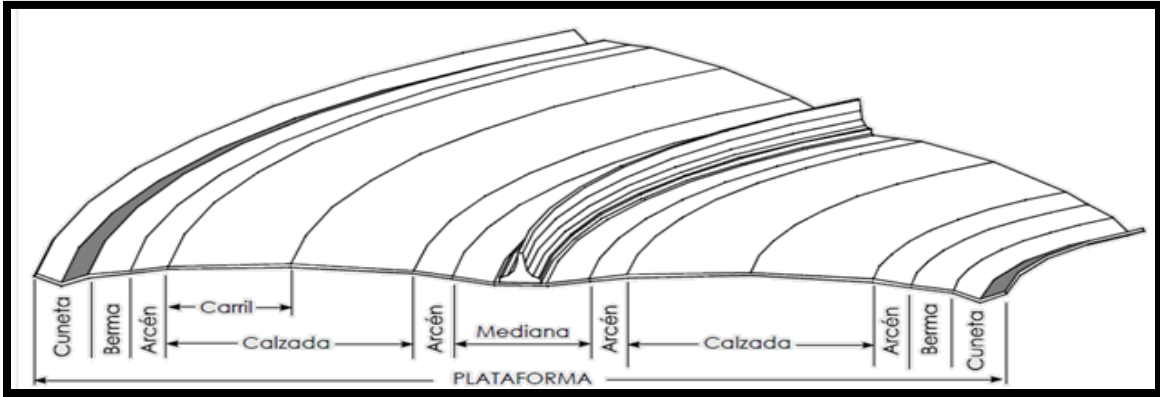


Figura 1.1. Elementos que constituyen una vía.

Fuente: Manual de carreteras de Luis Bañón Blázquez (2010).

### 1.7.1. Barreras de protección y separadores de tráfico.

Las barreras son elementos que ayudan a mantener hasta cierto grado la seguridad del tránsito, así como la seguridad de los individuos que se encuentren en su entorno; los objetivos para los cuales estos elementos se diseñan para:

- Impedir la generación de daños a personas que permanezcan fuera de la vía de circulación.
- En caso de cualquier vehículo sufra un accidente ésta se encarga de que sufra el menor daño posible.
- Hacer los costos más pequeños de las reparaciones que son ocasionados por los impactos vehiculares.

Las barreras pueden clasificarse en la siguiente forma así lo sugiere Luis Bañón (2010):

#### - Barreras Flexibles.

Se les denomina así a aquellas barreras que absorben el impacto producido por los vehículos deformándose y recuperando su forma original una vez que ha concluido el impacto. Están conformados por cables o mallas de acero sujetos a postes de acero o de hormigón recuperando el estado original aprovechando la tensión a la que se someten los cables.

#### - Barreras Semiflexibles.

Son elementos similares a los anteriores solo que estos no recuperan la forma original. Están constituidos por un elemento metálico continuo que tiene un cierto grado de rigidez, apoyado sobre postes que comúnmente son de metal; la rigidez que estos elementos metálicos poseen puede variar ya sea incrementando el número de ellos o disminuyendo la distancia entre ellos, haciendo así que se produzca un choque plástico teniendo con esto una mayor deformabilidad.

#### - Barreras Rígidas.

Generalmente son estructuras de concreto (hormigón), las cuales por su rigidez no son deformables ante el choque, es decir, éstas no disipan la energía. El gran implemento de estos elementos radica en el bajo de mantenimiento y su gran duración. Su empleo es apto para los casos en que las medianas sean inferiores a 5 m de ancho y de mayor recomendación si no supera los 12 m de

ancho; este tipo de barreras son empleadas de manera similar en puentes en los pretiles y en viaductos cuando existen varios niveles para evitar la caída de vehículos.

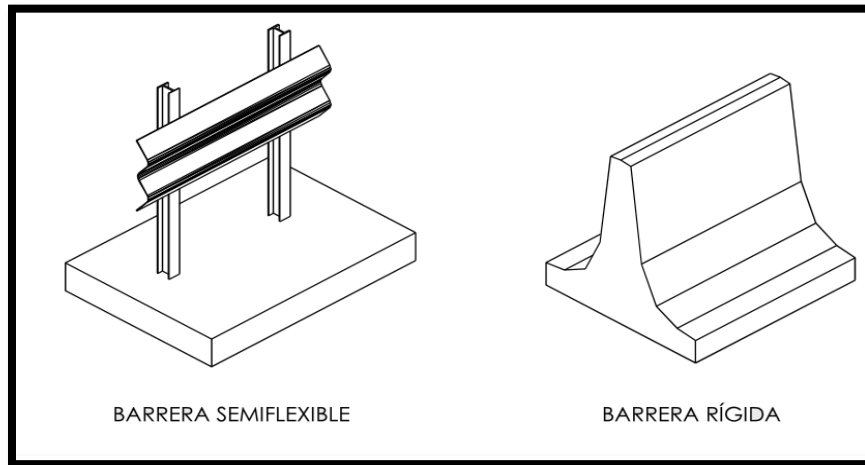


Figura. 1.2. Barreras de protección

Fuente: Manual de Carreteras Luis Bañón V. (2010).

### 1.7.2. Señalamientos de una carretera.

El señalamiento es esencial para la seguridad y comodidad de los usuarios de la carretera, si se utiliza adecuadamente, de acuerdo con los principios técnicos establecidos como consecuencia de estudios sobre vehículos, accidentes, velocidades, demoras y, principalmente, sobre las reacciones de los conductores. Los principios fundamentales de una buena señalización según Bañón son:

- Claridad.

La claridad es un aspecto que exige se evite recargar la atención del conductor, reiterando mensajes evidentes, y que, en todo caso, se impongan las menores restricciones posibles a su circulación, es decir, que los señalamientos sean claros sean concisos para que lo usuarios no estén perdiendo tiempo de circulación.

- Sencillez.

La sencillez exige que se emplee el mínimo número de elementos que permita a un conductor estar atento, pero no familiarizado con la carretera, tomar con comodidad las medidas o efectuar las maniobras necesarias para su circulación.

- Uniformidad.

La uniformidad se refiere no sólo a los elementos en sí, sino también a su implantación y a los criterios que la guían. Además de estar adecuadamente concebidas y dispuestas, las señales se deben detectar y deben ser tanto visibles como legibles desde una distancia suficiente tanto de día como de noche.

En la fabricación de las señales verticales y en la colocación de las marcas en el pavimento, actualmente se emplean materiales retrorreflectivos; esta

propiedad, hace que las señales resulten brillantes cuando son iluminadas y se perciban con mayor facilidad. La retrorreflectividad resulta fundamental para la comodidad y seguridad de la circulación nocturna.

Las marcas en el pavimento, llamado también señalamiento horizontal, ayudan de manera significativa a reducir la frecuencia y severidad de los accidentes generalmente a bajo costo. Se considera que las marcas en el pavimento tienen las siguientes 4 funciones:

- Indicar prioridades, prohibiciones o maniobras con preferencia.
- Mantener a los vehículos dentro del carril de circulación.
- Proporcionar al conductor de una guía lateral para su correcta circulación.
- Intervenir en la velocidad con que se desplazan los usuarios.

Básicamente los señalamientos de una carretera se clasifican de tres maneras:

1) Señalización vertical.

Son todas aquellas señales que se sitúan de una manera perpendicular al eje de la carretera, es la más importante, ya que es por medio de este tipo de señales que el conductor logra captar la mayor información que encuentra en la vía. Para saber qué significado tiene cada

señal de este tipo se identifican en primer lugar por el color y el símbolo que se encuentra en ella. Las señales que son de peligro se establecen de color rojo y un fondo blanco, o en su defecto amarillo en el caso en que se haga referencia a una zona de obra, las señales con forma circular con un borde de color rojo y fondo blanco son señalamiento de reglamentación los cuales indican restricciones por ejemplo que velocidades debe mantener el conductor en cierta zona del camino. Las señales rectangulares que se encargan de dar a conocer al conductor los servicios que ofrece la vía así como las normas y sentidos de circulación que rigen en la zona.

## 2) Señalamiento horizontal.

Son aquellos elementos de señalamiento ubicados en la superficie de la calzada con la finalidad de apoyar la señalización vertical y encauzar el tráfico; el color con el que se reconocen estas señales suelen ser por el color blanco o según sea la indicación que se esté dando. Este tipo de señal se mantiene a lo largo de la vía ya que sirve para separar los carriles de circulación así como delimitar el sentido del flujo vehicular. Además se puede encontrar señalado de manera transversal al eje del camino. indicando así un cruce de peatones o un alto, dependiendo de la zona en que se ubique, sin embargo, el señalamiento vertical puede aparecer como signos las flechas que indican la dirección hacia la cual va la circulación o existe un destino siguiente.

### 3) Señales de balizamiento.

Estos señalamientos están constituidos por aquellos elementos que indican la restricción vehicular hacia ciertas zonas, o también se encargan de guiar a los usuarios por la vía donde están; un ejemplo de este tipo de señales son los conocidos conos, que se utiliza para delimitar una zona por la cual no se permite el paso vehicular por alguna razón.

## **1.8. Seguridad de las carreteras.**

Sin duda, el aspecto más resaltante en el proyecto de una carretera es la seguridad que se tendrá dentro de ella, ya que es una de las prioridades que se manifiestan en el diseño, por lo que en un accidente vial la carretera debe ser el factor menos indicado para que ocurran; resumiendo en algunos aspectos los accidentes ocurren debido a diversos factores que influyen por un erróneo diseño, los cuales son:

### a) Curvas cerradas.

Debido a la exigencia de una mayor eficiencia dinámica, las curvas cerradas (con radio inferior a 400 m) son las que propician el mayor número de accidentes, además de que esto se incrementa cuando se siguen por rampas con una inclinación considerable.



b) Rampas.

Los accidentes que se generan por este tipo elementos son propios de las autopistas, ya que la reducción de la velocidad en un vehículo pesado provocada por una rampa puede que no sea visible por el vehículo que viene detrás que en muchas de las ocasiones son vehículos ligeros, provocando así que este último se impacte contra con él.

c) Armonía en el trazado.

El hecho de que el trazado sea de una manera heterogénea, donde existen tramos curvos y no son aislados intercalados entre líneas rectas, pueden ser un factor que tome por sorpresa al conductor y que haga posible que no se adapte el vehículo lo más pronto posible a la próxima vía de tránsito.

d) Sección transversal.

Aquí debe de estar bien establecida la sección por la cual se transita ya que en dados casos de que no se cuenten con los elementos adecuados del camino como lo son las barreras de seguridad pueden ocasionar grandes accidentes, así el correcto ancho del carril de circulación y los arcenes no menores de 2.50 m, que por el conductor puedan ser utilizados como carriles de circulación ocasionando una tragedia.

#### e) La Velocidad.

Inmediatamente aparece este concepto, en los proyectos de caminos y la mayoría de las personas tiene la creencia de que es el principal factor que provoca los accidentes, pero se sabe que el exceso de esta velocidad es el factor que los provoca.

La variación de la velocidad que se da entre la velocidad con la que entra el automóvil a una zona donde su velocidad debe ser distinta, se debe de diseñar mediante un distancia en la cual el conductor pueda ir disminuyendo paulatinamente este efecto para evitar su proyección contra algún automóvil o un medio de protección de las carreteras.

#### **1.9. Derecho de vía.**

Este concepto se refiere, como lo menciona Merritt (2008), a aquella área necesaria para que sea construido el drenaje, y pueda darse el mantenimiento requerido en una carretera, y también como para la salida e ingreso a ésta. El derecho de vía se tiene con el objetivo del crecimiento carretero de cualquier proyecto, para un volumen de tráfico mayor.

El tamaño mínimo de un derecho de vía debe ser aquel que permita la incorporación de los elementos que comprende la sección transversal de diseño, así como la incorporación de las áreas límites apropiadas.

La distancia de derecho de vía que se considera son 20 metros a partir del eje del camino, esta se toma hacia cada lado; los terrenos que se encuentren dentro del derecho de vía deberán obtenerse de manera legal, ya sea mediante el convenio legal apropiado o mediante la expropiación del mismo, pagando el valor justo reglamentario del predio, por lo que ambas partes deben encontrarse en común acuerdo.

En el Capítulo 2 se encuentran los aspectos que conforman los pavimentos y su clasificación de acuerdo a los materiales con cuales son elaborados, así como su desempeño ante los factores que denigran su calidad; además se abordará la estructuración de los pavimentos tanto flexibles como rígidos y que elementos constituyen a cada uno de estos pavimentos, se continúa en este capítulo definiendo los conceptos acerca de los pavimentos, así como los elementos que influyen para su diseño, así como los materiales que se encuentran en la región con los cuales se pueden fabricar pavimentos con las especificaciones y lineamientos correspondientes.

## **CAPÍTULO 2**

### **PAVIMENTOS**

En este apartado se presenta una definición de lo que son los pavimentos flexibles y pavimentos rígidos, así como se mencionan algunas de las características con las cuales se deben de diseñar, además se especifica el porqué reciben el nombre de flexibles y de rígidos. Los materiales que se utilizan en la formación de pavimentos también se mencionan en este capítulo, cabe destacar en esta investigación que dentro de este capítulo serán señaladas las partes de las cuales se compone un pavimento y cuál es el nombre que reciben cada una de sus partes y los factores que influyen en la economía de los mismos. Se mencionarán los medios de aforamiento vehicular, y la manera en que se deben de realizar dichos aforamientos.

#### **2.1. Concepto de pavimento.**

El pavimento es aquel que se puede definir como una o varias capas de materiales seleccionados adecuadamente, comprendidas entre el nivel máximo o superior que tiene la terracería y la superficie que se conoce como superficie de rodamiento, que cumple con el funcionamiento de rodamiento adecuado para la superficie de tránsito vehicular que debe de ser uniforme en su totalidad para proporcionar la estabilidad adecuada, apariencia y textura apropiados, así como la resistente al tránsito así como la resistencia al intemperismo, y otros factores que

intervienen en la degradación de estas capas denominadas pavimento y principalmente estas capas deben ser capaces de transmitir las cargas que se producen por el tránsito hacia la terracería.

En otras palabras, "el pavimento es la superestructura de la obra vial, que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstas por el proyecto" (SOP:1975;7). Así, de acuerdo con la Secretaría de Obras Públicas (1975), la estructuración o la misma disposición de los elementos que conforman el pavimento, como lo son también las características que tienen los elementos que son empleados en su construcción, tienen la ventaja por ejemplo que se puede formar por una capa o como normalmente se ve compuesta por varias, así las diferentes capas que conforman a este pueden estar constituidas por materiales naturales seleccionados que en la mayoría de las ocasiones son sometidos a algún tratamiento; con respecto a la superficie de rodamiento se puede conformar mediante una carpeta asfáltica, una losa de concreto hidráulico así como la acumulación de materiales compactados.

## **2.2. Generalidades de los pavimentos.**

De la misma forma en que los vehículos fueron evolucionando en los diferentes aspectos como lo son su peso, la velocidad que venían desarrollando incrementándola cada vez más, la comodidad y su misma autonomía, así mismo la necesidad que se fue adquiriendo para que éstos se desarrollaran de la mejor

manera, se fue mejorando la superficie de circulación en los diferentes aspectos como primeramente se fueron perfeccionando en las condiciones de la curvatura de los caminos, su misma pendiente, el elemento de la sección transversal por mencionar algunos, esto porque la demanda era cada vez mayor; la idea de mejorar los caminos se originó a raíz de la evolución del automóvil, ya que éste cada vez era más sofisticado y necesitaba una superficie con mejores características .

Por el factor economía en la construcción de pavimentos, se emplean en las terracerías materiales con características que ayuden a disminuir espesores de las capas, por estas mismas razones desde el inicio de su construcción se emplearon materiales como son los fragmentos de roca, además de la utilización de algunos suelos; como sólo los materiales pétreos fueron utilizados para la construcción de las terracerías, estos sólo soportaban las cargas para el tránsito de esa época por lo que después no fue suficiente. Estos materiales que se empleaban podían proporcionar condiciones de circulación adecuadas sólo que era por periodos de tiempo cortos.

Sin duda alguna, el factor de la economía es quien marca el tipo de superficie que recibirá la terracería, un ejemplo de esta aplicación es en caminos de muy bajo tránsito, por lo que la superficie que tendrá no será de costo elevado por el mismo tráfico que se transportará por ella, generalmente estas superficies

son formadas por una mezcla de gravas-arenas, conglomerados, rocas alteradas, suelos, es así como mediante la implementación de estos elementos se pueden proporcionar superficies de rodamiento con un costo bajo pero que así mismo serán de menor tiempo de funcionalidad.

Las superficies de rodamiento deben cumplir con diferentes características, y las que la Secretaría de Obras Públicas de México ha considerado que son de mayor importancia son las siguientes:

- Debe ser estable ante el intemperismo.
- Ser resistente a las cargas producidas por el tránsito.
- Debe de tener una textura adecuada para el rodamiento.
- Debe de ser durable.
- Deben cumplir las condiciones de permeabilidad.
- Ser económica.

Todas estas características antes mencionadas, hacen la labor de buscar en el medio donde se desarrollará la obra los materiales más convenientes para que la construcción de esta capa sea de buena calidad, es evidente que no serán materiales en su totalidad naturales; en el caso de los suelos naturales cohesivos estos no suelen soportar las cargas generadas por el flujo vehicular, es aquí donde la economía del proyecto se ve afectada por los elementos naturales.

Esta capa de la que se habla (pavimento) es por lo general de mayor costo que el gasto que se tiene en el material de las terracerías, es por eso que ésta superficie se realiza en muchos casos de espesores muy pequeños, por lo que esta no puede recibir cargas considerables. Respecto a la economía se tienen en cuenta dos intereses que se deben precisar con respecto a la capa de pavimento:

1. La capa que recibe inicialmente las cargas se construye de un espesor adecuado con una calidad tal, que se logre que los esfuerzos que se transmiten a la terracería sean compatibles con la calidad de dicha capa.
2. La superficie de rodamiento se logra mediante una carpeta bituminosa relativamente delgada, siendo de muy alto costo y alta calidad; pero entre ella y la terracería se tiene un sistema de capas de varios materiales seleccionados, que su calidad de los materiales utilizados para formar éstas capas va disminuyendo conforme sea la profundidad de su ubicación. El problema acerca del diseño de la superficie de rodamiento consiste en variar el espesor y el tipo de material empleado en las capas que lo conforman; por lo regular es este criterio el que siempre se sigue en el diseño de pavimentos flexibles, buscando la economía de los materiales con los diferentes espesores de sus capas.



Por lo mencionado en párrafos anteriores, se tiene la certeza de que el espesor del pavimento depende de principalmente del material con que está constituida la terracería. Los factores de vida útil, costo, condiciones de servicio, constituyen un trasfondo en el panorama de la toma de decisión en relación al proyecto y, por consiguiente, su construcción.

En caminos con superficies no tratadas el tráfico que pasará debe ser no mayor de 200 vehículos por día, esto cuando la subrasante que se utilice sea buena, sabiendo que subrasante "Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto". (Merritt; 2008: 16.31); en estos pavimentos que no reciben ninguna capa posterior su principal función es proporcionar una superficie lisa, lográndose ésta al allanar la superficie de este elemento (subrasante) con una niveladora motorizada, una rastra o un equipo de trabajo similar.

### **2.3. Clasificación de los pavimentos.**

La clasificación de los pavimentos se realiza en base a la capas de materiales que los conforman, básicamente los pavimentos están clasificados de dos maneras, pavimentos flexibles y pavimentos rígidos. Sin embargo la rigidez o la flexibilidad que se presente en un pavimento depende muchas de la veces del VRS (valor relativo de soporte) que tenga la subrasante del camino, siendo el

URS "un índice de resistencia al esfuerzo cortante que tienen los materiales usados en la construcción de los pavimentos" ([www.sct.com.mx](http://www.sct.com.mx); 2010).

Cabe destacar que esta clasificación no se da por la manera en que se distribuyen los esfuerzos ni por las deformaciones que ocasionan los automóviles sobre las capas inferiores, aunque ésta puede ser en un futuro unas de las clasificaciones más exactas.

En la presente investigación se tiene como finalidad destacar los pavimentos flexibles y los pavimentos rígidos.

### **2.3.1. Pavimentos flexibles.**

Todos los pavimentos llamados flexibles son aquellos que permanecen en contacto superficial con la capa subyacente, la superficie de rodamiento es proporcionada por una capa de asfalto conocida como carpeta, la transmisión de las cargas en este tipo de pavimentos se realiza por medio de las características de fricción y cohesión que presentan las partículas de los materiales utilizados. La estructura de pavimento flexible está compuesta por varias capas de material; cada capa recibe las cargas por encima de la parte superior, se extiende en ella, entonces pasa a estas cargas a la siguiente capa inferior. Por lo tanto, la capa de más abajo en la estructura del pavimento, recibe menos carga.

Con el fin de aprovechar al máximo esta propiedad, las capas son generalmente dispuestas en orden descendente de capacidad de carga, por lo tanto, la capa superior será la que posee la mayor capacidad de carga de material y por su puesto la más cara y la capa de más baja capacidad de carga de material irá en la parte inferior, siendo la más económica. Para pavimentos flexibles, la estrategia de diseño seleccionado deberá presentar un período de duración de ocho años antes de que sea obligatoria la superposición de otra capa.

De acuerdo con la SOP (Secretaría de Obras Públicas de México) las características más importantes en un pavimento de este tipo en su conjunto son:

- La resistencia estructural
- La deformabilidad
- La durabilidad
- El costo
- Los requerimientos de conservación
- La comodidad

- Resistencia estructural. Es la característica que los pavimentos deben cumplir en primer lugar, dependiendo del tráfico vehicular, estas cargas producen esfuerzos cortantes y normales en toda la estructura. el análisis de la resistencia

de los pavimentos está dada por los estudios de mecánica de suelos, determinando esta que los esfuerzos cortantes son la principal falla de la estructura de un pavimento.

- Deformabilidad. La deformabilidad es un factor que se propaga hacia las capas inferiores por la misma naturaleza y estructuración de los materiales; la deformación del pavimento se da por lo regular en la terracería, estas deben darse de forma mínima, claro de acuerdo a los parámetros admisibles, es decir que cuando existan éstas deberán ser pequeñas de tal manera que permitan cumplir al pavimento las funciones para las que fue diseñado.

- Durabilidad. En cuanto a la duración de los pavimentos flexibles, depende en la mayoría de los casos de los factores económicos y del aspecto social, así como la importancia que se le dé a éste. En la mayoría de las ocasiones en los pavimentos de caminos que no son muy transitables es más fácil estar realizando reconstrucciones por el costo y el tiempo, siendo éste último el más importante en el tráfico vehicular.

- Costo. Como en la mayoría de las obras de ingeniería, aquí también existen prioridades en la construcción de los pavimentos ya que estos representan un balance entre la satisfacción que se quiera tener con respecto a la resistencia y su

estabilidad, y por otra parte el costo que implicaría cumplir esa satisfacción acerca de la resistencia deseada.

- Requerimientos de Conservación. Aquí los factores climáticos son los principales elementos que influyen en la vida de los pavimentos, así como el tráfico adecuado sobre la superficie de rodamiento, ya que en el diseño se debe de prever el crecimiento futuro del tránsito vehicular para que el mismo pavimento este preparado para cuando este se presente. Sin embargo, el factor que más se descuida en la etapa de la operación del pavimento es el mantenimiento o conservación, ya que por lo regular éste no se hace presente y llevan al pavimento al término de su vida útil.

- Comodidad. Este aspecto en los pavimentos flexibles es un factor que influye de manera directa en el conductor ya que, si el pavimento presenta ondulaciones en la superficie el vehículo tiende a realizar movimientos bruscos que incomodan al conductor, ya que de acuerdo a la velocidad de proyecto con la que se diseña se debe mantener sin ninguna complicación para un mejor desempeño del tránsito vehicular.

Los pavimentos flexibles se componen de varias capas como son, de acuerdo al Manual del Ingeniero Civil (2008), iniciando de la parte inferior hacia la

parte superior, la subrasante, sub-base, la base granular y la superficie de rodamiento.

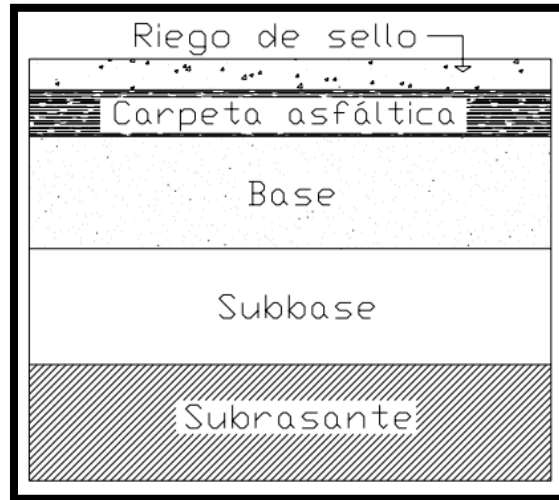


Figura 2.1. Estructura de pavimento flexible.

Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

- Subrasante.

Es esencialmente el suelo que está en contacto con el pavimento, es la cimentación de un pavimento flexible. Ésta puede ser el mismo suelo del lugar donde se realizará la obra, o bien una capa de materiales seleccionados que son compactados a nivel inferior de la sub-base.

- Sub-base.

Se refiere a la capa que existe entre la subrasante y la base, consiste en una capa que es compactada hecha de material granular que se deposita sobre la

subrasante, se diferencia de la base porque sus especificaciones con respecto a la resistencia son menores, así como su tipo de agregados y su gradación. En el caso en que la subrasante cumple con los requisitos necesarios para ser sub-base, ésta se puede omitir; algunas de las funciones principales que tiene la sub-base son:

- Disminuir en la mayor forma posible el costo del pavimento, con la disminución del espesor de la base.
- Aislar a la base de la terracería para que no existan cambios volumétricos debidos a los cambios de humedad que se puedan presentar y así puedan afectar en un futuro la resistencia de este material.
- La transmisión de las cargas hacia la terracería.
- Limitar el daño debido a las heladas.
- En los cortes en roca, sirve como plataforma de trabajo para el equipo de construcción.

Las características que deben de cumplir los materiales de sub-base mediante el número de ejes equivalentes ( $\Sigma L$ ) de acuerdo a la S.C.T. son las siguientes mostradas en la tabla 2.1

Malla		Porcentaje que pasa	
Abertura mm	Designación	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
50	2"	100	100
37,5	1½"	72 - 100	72 - 100
25	1"	58 - 100	58 - 100
19	¾"	52 - 100	52 - 100
9,5	⅜"	40 - 100	40 - 100
4,75	Nº4	30 - 100	30 - 80
2	Nº10	21 - 100	21 - 60
0,85	Nº20	13 - 92	13 - 45
0,425	Nº40	8 - 75	8 - 33
0,25	Nº60	5 - 60	5 - 26
0,15	Nº100	3 - 45	3 - 20
0,075	Nº200	0 - 25	0 - 15

Tabla 2.1. Características que deben cumplir el material de sub-base.

Fuente: Especificaciones Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2010).

- Base.

Es la capa (de material) que se encuentra por debajo de la capa superficial, apoyada sobre la sub-base, o en su defecto si esta no existe se encuentra por encima de la subrasante. En su función estructural la base consta de material como lo es la piedra triturada, la escoria triturada, grava y también arena, o como suele realizarse en muchos proyectos, una combinación de materiales antes mencionados.

Las especificaciones para estos materiales a utilizar en la capa base, son más estrictas que para el material tipo sub-base por la misma responsabilidad que tiene la base en el momento en que se presentan las cargas que debe transmitir;



este material que sea seleccionado debe cumplir con características adecuadas para los conceptos de resistencia, estabilidad, dureza y degradación de material.

La adición de algún elemento como los estabilizadores, como el cemento portland, el asfalto o la misma cal mejoran las características de los materiales si éstos no se tratan no resultarían adecuados para su uso como material para formar la capa base.

Según Olivera (2006) las funciones principales con las que una base debe cumplir son las siguientes:

- Tener resistencia estructural para la transmisión de las presiones por las cargas provocadas por los vehículos.
- Cumplir con un espesor suficiente para transmitir las cargas hacia la sub-base.
- Aún ante la presencia de humedad la base no debe presentar cambios volumétricos que perjudiquen la estructura del pavimento.

Las características que los materiales deben presentar para ser aceptables como base de acuerdo a los ejes equivalentes ( $\Sigma L$ ) son las siguientes:

Malla		Porcentaje que pasa	
Abertura mm	Designación	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
37,5	1½"	100	100
25	1"	70 - 100	70 - 100
19	¾"	60 - 100	60 - 86
9,5	⅜"	40 - 100	40 - 65
4,75	N°4	30 - 80	30 - 50
2	N°10	21 - 60	21 - 36
0,85	N°20	13 - 44	13 - 25
0,425	N°40	8 - 31	8 - 17
0,25	N°60	5 - 23	5 - 12
0,15	N°100	3 - 17	3 - 9
0,075	N°200	0 - 10	0 - 5

Tabla 2.2. Características para materiales utilizados en las bases de pavimentos.

Fuente: Especificaciones de materiales S.C.T. (2010).

Para la construcción de las bases y sub-bases de acuerdo a Olivera (2006) se necesitan realizar las siguientes consideraciones:

- Se debe explorar la zona donde se ubicará el pavimento para tener una adecuada selección de los bancos de extracción de material para su futuro empleo.
- Analizar la calidad de los materiales encontrados en los bancos de la zona en estudio.
- Adecuada extracción y acarreo de los materiales elegidos.
- Realizar algunos tratamientos antes al material como el cribado, triturado y en algunos casos su estabilización para su uso posterior.

- Enseguida, es necesario que los materiales lleguen a la obra y se dé un tratamiento de estabilización mecánico, disgregado, así como su mezclado con motoconformadora para tener una homogenización del material.
- Compactar adecuadamente el material con el equipo necesario para que éste alcance su P.V.S.M. (peso volumétrico seco máximo).
- Realizar un riego de impregnación, aplicándose después de que se deja secar la base por algunos días; este riego se realiza con la finalidad de tener una transición entre la base y carpeta asfáltica posterior, cuidando que el riego penetre por lo menos 3 mm en la base.

Los procedimientos en la compactación de las bases es el mismo que se sigue para otras estructuras carreteras, claramente cumpliendo con la supervisión adecuada para que la relación de la humedades respecto a la densidad cumplan los valores establecidos. Se debe tener en esta capa del pavimento mucho cuidado con estos parámetros ya que las exigencias en la calidad de estas capas son importantes para cumplir el objetivo primordial para lo que es destinada esta capa. Sin embargo, estos procedimientos son diversos, por el hecho de que cada empresa en esto emplea procesos constructivos diferentes de otras.

- Capa superficial o carpeta asfáltica.

"Es la capa superficial de material que queda por encima de todas las demás en un pavimento flexible. Está diseñada para soportar el tráfico anticipado,

resistir sus fuerzas de abrasión, limitar la cantidad de agua superficial que penetre el pavimento, proporcionar una superficie resistente al patinaje y ofrecer una superficie lisa para transitar." (Merritt; 2008: 16.37)

Otra característica importante que debe cumplir en esta capa superficial es que debe ser durable, sin importar en qué condiciones climatológicas se encuentra ó se va desarrollar su colocación. Las capas superficiales usualmente son de materiales bituminosos y algunos agregados minerales graduados adecuadamente, con un tamaño máximo de agregado por lo regular de 3/4 a 1 pulgada de diámetro. Es recomendable que los materiales tenga forma esférica, ya que aquellas que presentan forma de laja o forma similar a una aguja suelen romperse fácilmente afectando la granulometría de la mezcla.

El contenido óptimo de asfalto para una carpeta, es la cantidad de asfalto necesaria para formar alrededor de la partícula una membrana que resista los efectos del intemperismo con un espesor adecuado, para que el asfalto no se oxide. Se debe cuidar que el espesor que se tiene en la carpeta no sea muy alto ya que se perdería resistencia y estabilidad. Las funciones más comunes con las que debe cumplir la carpeta superficial son las siguientes, esto de acuerdo a Olivera (2006):

- Proporcionar una superficie de rodamiento adecuada que permita un tránsito fácil y cómodo para los usuarios.
- Impedir la infiltración del agua de lluvia hacia capas inferiores.
- Resistencia de las cargas ejercidas por los vehículos.

El tipo y espesor de una carpeta asfáltica se elige de acuerdo con el tránsito que va a transitar por ese camino, tomando en cuenta el siguiente criterio:

INTENSIDAD DEL TRÁNSITO PESADO EN UN SOLO SENTIDO	TIPO DE CARPETA
Mayor de 3000 vehi/día	Mezcla en planta de 7.5cm de espesor mínimo
1000 a 2000 vehi/día	Mezcla en planta con un espesor mínimo de 5cm
500 a 1000 vehi/día	Mezcla en el lugar o planta de 5cm como mínimo
Menos de 500 vehi/día	Tratamiento superficial simple o múltiple.

Tabla 2.3. Especificaciones de tránsito y espesores de carpeta.

Fuente: Manual de diseño de pavimentos ( Secretaría de Obras Públicas, 1975).

Las carpetas asfálticas pueden estar constituidas por uno, dos o hasta tres riegos, esto dependiendo del tipo de tránsito previsto en la zona; el riego se da con asfalto o alguna emulsión sobre la base impregnada, cubriéndose con un material pétreo.

Cuando sea necesario tener que darse uno de los riegos mencionados, se debe tener en cuenta que, al aplicarse el primer riego sea compactado con el equipo necesario, esperar de 2 a 3 días para poder aplicar el riego sucesivo, y aun vez terminados de aplicarse los riegos necesarios, se debe dejar el material por una semana para que se dé el proceso de fraguado, y así una vez transcurrido el periodo del fraguado se haga transitar una barredora para retirar el material que no se adhirió en el proceso mencionado.

#### **2.3.1.1. Concreto asfáltico.**

El concreto asfáltico se muestra como una mezcla de material pétreo que consiste en la combinación del cemento asfáltico elaborado en caliente con el material pétreo que por lo regular es material triturado, éste calentándose a una temperatura de entre 160° C a 175°C, posteriormente se pesa el material pétreo y de acuerdo con el proyecto de granulometría así como contenido óptimo de asfalto que llevará la mezcla.

#### **2.3.1.2. Asfaltos.**

Acerca de los tipo de asfaltos, se tienen el cemento asfáltico, siendo este un residuo de la destilación del petróleo (el último residuo) con temperaturas normales, es un elemento sólido y de color café, para ser mezclado debe tener un temperatura 150°C. El segundo tipo de los asfaltos es conocido con nombre de

asfalto rebajado siendo un cemento asfáltico pero con gasolina, diesel, o algunos aceites ligeros, los cuales son diluidos en gasolina, estos forman el fraguado rápido, aquellos que son diluidos con tractolina siendo éste también un derivado del petróleo, se conoce como el fraguado medio; y todos los materiales pétreos que son diluidos con aceites ligeros se utilizan para lograr el fraguado lento. Las tres maneras de fraguar, se pueden utilizar con las diferentes proporciones de cemento asfáltico y de solvente.

Este tipo de carpetas se deben de construir ya sea sobre bases hidráulicas o bases que sean asfálticas impregnadas.

### **2.3.1.3. Emulsiones asfálticas.**

Las emulsiones asfálticas son mezclas de asfalto con emulsificantes (compuestos orgánicos de relativamente muy alto peso molecular) que al mezclarse con el agua, que permite tender la carpeta en frío esto es con temperaturas menores a los 100°C. Las ventajas que ofrecen este tipo de mezclas es que, son fáciles de emplear, se trabajan a temperatura ambiente, son un ahorro considerable tanto en la energía que se utiliza para fundir el asfalto así como en el proceso del tendido de la carpeta.

#### **2.3.1.4. Drenaje de pavimentos flexibles.**

La precipitación pluvial es el principal factor que reduce el rendimiento de los pavimentos, el principal problema es que este fenómeno natural puede introducirse hacia las capas inferiores y así debilitar la estructura del pavimento, por esta razón el drenaje es un elemento esencial en el diseño de los pavimentos. Por esto al camino se le debe de dar una inclinación adecuada para que drene el agua (bombeo), esta inclinación debe llevar el agua hacia las cunetas y éstas a su vez llevarlas a un lugar donde no afecten la estructura del pavimento, que por lo general son barrancos, ríos o arroyos adyacentes al camino.

Existe la posibilidad de que por debajo de la estructura se encuentre agua, que puede penetrar en el pavimento por medio de la ascensión capilar a través de grietas y juntas de los pavimentos.

Para prevenir estos efectos del agua, se usa el drenaje subsuperficial para extraer aquella agua que pueda existir en la subrasante, la forma de drenar esta agua se realiza colocando en la zona de filtración un tubo con perforaciones encausando éste hacia fuera de la estructura del pavimento, generalmente hacia un arroyo o cuerpo de agua cercano por el mismo costo que pueda representar.



### **2.3.1.5. Deterioro del pavimento.**

La superficie de los pavimentos generalmente es deteriorada por diferentes factores pero es en la etapa de la construcción donde se presentan los defectos que darán pie al deterioro de la superficie disminuyendo la velocidad del tránsito y su vida de servicio del pavimento. Una vez establecido el pavimento estos errores se tratan de corregir mediante las labores de mantenimiento o la conservación, sin embargo si esta labor no se realiza de la manera adecuada éstos defectos pueden llegar a presentarse como graves daños en la superficie del pavimento.

Para clasificar estos deterioros en los pavimentos se dividen en tres partes, aquellos originados en la superficie y los que tienen su origen en la construcción. Los siguientes son algunos de los deterioros más comunes en los pavimentos, según la S.C.T. de México (2010):

- Desprendimientos. Se dan por la pérdida parcial de los agregados son (conocidos como calaveras o surcos) ocasionados por la falta de adherencia del agregado en el asfalto, por que el agregado está sucio y polvo adherido o el caso más común exista lluvia en el momento del esparcido o antes del fraguado del asfalto, puede ser causados por una mala compactación y generalmente porque no existe una limpieza antes de aplicar un tratamiento superficial.

-Alisamientos. Son producidos por el exceso de asfalto, por una mala dosificación en la mezcla, por el uso de asfalto muy blando. Para identificar este defecto en los pavimentos hace una prueba del coeficiente de fricción, su apariencia es una superficie plana.

-Exposición de agregados. Es la presencia de agregados expuestos parcialmente en la superficie de la carpeta. Sucede cuando no se utiliza un tamaño de agregados o segregación de los agregados durante la obra, otro caso puede ser la circulación de llantas con clavos de los vehículos.

-Deformaciones. Son hundimientos a lo largo de las rodadas provocados por el uso de asfaltos blandos, una mala dosificación de la mezcla, utilización de agregados de forma muy circular, mala compactación de la base.

-Agrietamientos. Este es un fenómeno como su nombre lo dice es una grieta, una ruptura del pavimento, estas pueden darse de manera longitudinal o transversal al pavimento, se dan en asfaltos viejos, o asfaltos que en su momento de aplicación fueron duros, se dan en juntas transversales que son inadecuadamente trabajadas, o como en algunos casos se da por el subdrenaje inadecuado que existe en el sitio.

Los pavimentos flexibles son empleados en la mayoría de las carreteras construidas en el país, por lo que la mejora en la construcción de estos se hace un factor que influye en el mantenimiento que recibe, si se realizan o no con las especificaciones y supervisiones correspondientes, para que no se deterioren tan fácil.

### **2.3.2 Pavimentos rígidos.**

Un pavimento rígido se define como "el conjunto de capas de material seleccionado, que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmite a las capas inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficazmente." (Merritt; 2008: 12)

Generalmente se conoce como pavimento rígido aquel pavimento que consta de una losa de concreto de cemento portland, según S.C.T. (2010); La losa que posee este tipo de pavimentos tiene las características de una viga que permite que esta se extienda de un lado hacia otro por las irregularidades que posee el material que está por debajo de la losa.

Cuando los pavimentos de este tipo son diseñados y construidos adecuadamente con las especificaciones requeridas, tienen una vida útil larga además su costo dentro del mantenimiento es absolutamente bajo.

La estructura de un pavimento rígido es principalmente una losa de concreto hidráulico, es un material de subbase y una subrasante; se describen de forma particular a continuación:

- Losa de concreto hidráulico.

Es una losa elaborada de concreto hidráulico (con cemento portland, por lo regular), posee una alta rigidez y un elevado modulo de elasticidad, es la superficie de rodamiento, es en esta capa principalmente donde se porta la capacidad del pavimento. El concreto hidráulico es quién se encarga de distribuir de mejor manera las cargas hacia la estructura del pavimento; este concreto puede ser concreto simple, siendo este aquella mezcla de concreto con agregados pétreos sin tener ningún refuerzo de acero en la losa; el concreto hidráulico reforzado, se distingue en las losas de estos pavimentos se tiene un refuerzo de acero (varilla) para evitar el agrietamiento por los cambios de volumen en el concreto, el refuerzo puede ser longitudinal o transversal, este último se utiliza con el objetivo de controlar el ancho de las grietas longitudinales. Cuando el agrietamiento longitudinal no es muy considerable se puede omitir el refuerzo transversal.

-Subbase.

Está constituida por una o más capas compactadas de material granular o estabilizado, está colocada entre la capa subrasante y la losa de concreto hidráulico. Es un apoyo uniforme, estable y permanente para asentar la losa de concreto, su principal función es el control de los cambios volumétricos de la subrasante, además esta capa incrementa el módulo de reacción de la subrasante, sirve para prevenir el bombeo de los suelos de grano fino en las juntas, las grietas y los bordes de la losa de concreto. El material con el que se deben de construir este tipo de bases deben ser materiales granulares no cementados, deben ser de buena calidad y con variedad de tamaños que proporcionen una estabilidad cuando este sea compactado.

-Subrasante.

Constituye la capa superior de la terracería y por lo regular esta capa es parte del terreno natural; si las características del terreno no son adecuadas para que puede servir como capa de subrasante, se procede a traer material de banco seleccionado para que desempeñe el trabajo de la subrasante y de esta manera hacer que esta capa de material sea capaz de desarrollarse en su trabajo sin ningún inconveniente.

Los espesores de la losa de concreto regularmente es de 15 cm, esto cuando el tráfico vehicular es ligero pero el mismo espesor de este y las capas inferiores depende principalmente del tránsito a que será expuesto, la losa puede llegar a tener espesores de hasta 40 cm, esto en el caso de las autopistas donde el tránsito vehicular es demasiado elevado.

### 2.3.2.1. Elementos de un pavimento rígido.

La conformación o estructura de un pavimento rígido se demuestra en la figura 2.2, donde los elementos que lo conforman van en el orden en que la figura lo marca, dando los espesores necesarios para un correcto funcionamiento de tales capas.

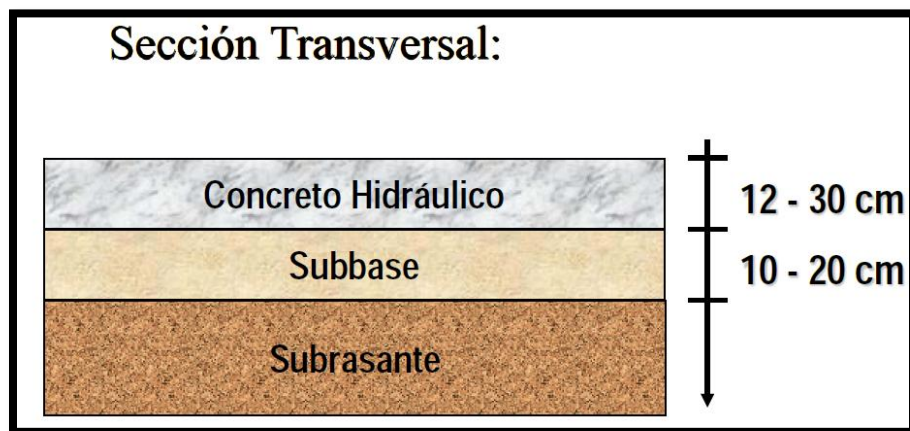


Figura 2.2. Estructura de pavimento rígido.

Fuente: [www.google.com](http://www.google.com) (2010).

En párrafos anteriores se especifico cada termino que contiene al pavimento rígido; la transmisión de la carga en estos pavimentos se disipa en forma de una flexión o flecha como ocurre en las vigas, en la figura 2.3 se muestra en qué forma la carga se reparte tanto en este tipo de pavimentos como en los pavimentos flexibles.

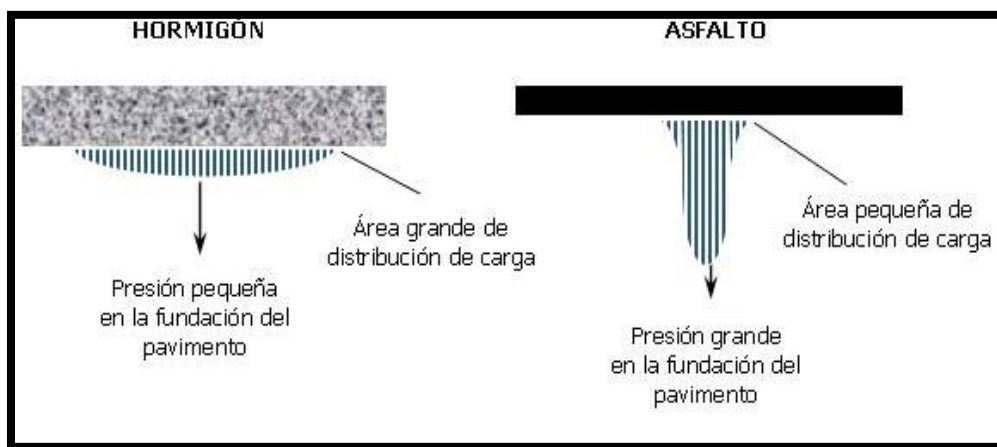


Figura 2.3. Distribución de cargas en pavimento

Fuente: [www.google.com](http://www.google.com) (2010).

El concreto como se muestra en la figura 2.3 absorbe la mayor parte de los esfuerzos producidos, dando tensiones muy bajas en la subrasante ocasionadas por las cargas vehiculares , mientas que en los pavimentos flexibles, los esfuerzos se van transmitiendo hacia las capas inferiores siendo la subrasante quien reciba al final estos esfuerzos.

Los pavimentos rígidos como se puede observar en la figura 2.3 tienen una mayor capacidad para absorber y distribuir los esfuerzos, esto por las principales características que posee el concreto en conjunto con los materiales que conforman la losa del pavimento.

El concreto es el principal factor que influye en la resistencia de los pavimentos rígido, por esta razón se tiene una clasificación, de la siguiente manera:

- a) Concreto simple vibrado.
- b) Concreto reforzado.
- c) Concreto preesforzado.
- d) Concreto fibroso.

a) Concreto simple vibrado. Este tipo de pavimentos es de los que comúnmente son utilizados, ya que su estructura es a base de concreto hidráulico, por supuesto, y que por lo regular es vibrado en masa a la hora de su colocación. Puede dividirse por medio de juntas transversales o en su defecto longitudinales, para la obtención de bloques cuadrados para una mejor distribución de cargas; las juntas por lo regular se encuentran separadas a una distancia de entre 4 a 6



metros una de otra. No contiene ningún tipo de armado o refuerzo en ningún sentido.

b) Concreto reforzado. Este tipo de elementos de concreto es esencialmente el refuerzo en su estructura con malla de alambre electro soldada o varilla corrugada, teniendo la separación correspondiente. "La cantidad de refuerzo que contiene la losa debe ser proporcional a la longitud de la misma losa, siendo de 2 a 3 Kg/m<sup>2</sup> para aquellas losas que contengan dimensiones de 8 a 15 metros de longitud de largo" (IMCYC; 2002: 1-6). El factor que influye para que este tipo de losas no sea muy utilizado es su alto costo.

c) Concreto preesforzado. Este tipo de elementos (losas de concreto preesforzado) son utilizados principalmente en pistas, en plataformas de aeropuertos, sabiendo que el preesfuerzo es un sometimiento a características similares de trabajo del concreto antes de ser colocado, esto en los pavimentos se realiza con la finalidad de tener espesores de losas más delgadas.

d) Concreto fibroso. En este tipo de losas con concreto fibroso se implementa fibras de acero, de fibras de vidrio o de productos plásticos; esto se realiza con la finalidad de que se tenga una mayor resistencia de tensión y se soporte con facilidad el problema de la fatiga en determinados puntos de la losa. Como en la

proporción de acero aquí en este tipo de concreto también se debe cuidar la dosificación de los elementos que componen esta mezcla.

Todos estos tipos de losas de concreto cumplen con características o especificaciones de acuerdo con el tipo de losa a utilizar en el pavimento, se deben de cumplir ya que su adecuado funcionamiento dependen principalmente de estas especificaciones.

#### **2.3.2.2. Cortes de juntas.**

Los cortes en los pavimentos de concreto son un factor muy importante, estos pueden ser en juntas longitudinales (que a lo largo del pavimento), o por consiguiente transversales ( perpendicular al eje del pavimento). La finalidad de estos trabajos de cortar el pavimento se realiza para indicar al concreto una línea de falla por donde este debe proyectarse para que los posibles agrietamientos sean en este lugar, evitando afectar al pavimento.

Este proceso se realiza después del curado del concreto, cuando el concreto presentan ciertas características de endurecimiento que permita la misma maniobra del trabajo pero teniéndose cuidado de realizar este proceso antes de que el mismo concreto busque sus propias líneas de falla (posteriores 4 a

6 horas una vez elaborada la losa); la maquinaria utilizada es una cortadora con discos punta de diamante.

Estos cortes debe tener una profundidad de  $\frac{1}{3}$  del espesor, no se corta profundamente, porque el mismo corte de la parte superior permite que en la parte inferior el pavimento se genere una grieta que permite transmitir fuerza cortante ocasionada por la misma conjunción de los agregados. La relación de largo/ancho, en las losas de concreto se considera que sus límites deben ser de 1 a 1.4, aquellas relaciones que su valor se mayor a éste originaran que las grietas se presenten con mayor frecuencia a la mitad de las losas de los pavimentos.

#### **2.3.2.3. Sello de juntas.**

El sello de juntas se realiza con la finalidad de no permitir que las partículas de otros elementos no considerados en el pavimento penetren y no dejen cumplir la función de la junta, además de no dejar pasar el agua hacia las capas inferiores provocando que el pavimento se deteriore con mayor facilidad.

El sellador debe ser un material autonivelante, de un sólo componente, elástico, tener resistencia a los efectos de combustibles y aceites provenientes de los automóviles, debe ser adherible al concreto, para que cumpla la finalidad de

permitir la contracción y dilatación del concreto, pero si que exista un agrietamiento.

Este elemento debe estar de 3 a 6 mm por debajo de la superficie de rodamiento, para que los neumáticos no lleguen a deteriorarlo por el excesivo contacto al que se pueda someter.

## **2.4. Métodos de diseño.**

En la actualidad existen muchas formas de diseñar pavimentos pero generalmente se recurre sin lugar a dudas a los métodos más empleados como los son el método de la AASHTO, a normas que rigen en la S.C.T. por mencionar algunos; en la presente investigación se definirán estos métodos de diseño más comunes tratando de dar una mayor información acerca de los factores que se toman para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos.

### **2.4.1. Método AASHTO.**

Este método surge partiendo de una prueba llevando el mismo nombre que el método en el año de 1963, es uno de los más utilizados a nivel intencional para el diseño de pavimentos de concreto hidráulico. De acuerdo con la página [www.cemexmexico.com](http://www.cemexmexico.com), el nombre de AASHTO proviene por la asociación de los Estados Unidos que se dedica al estudio de estructuras de pavimentos de

concreto con espesores conocidos, con respectivas cargas en movimiento también conocidas.

Con las pruebas que dicha organización realizó se obtuvieron factores que influyen en el diseño de los pavimentos para su capacidad de servicio, los siguientes factores son los que tomo la organización como de mayor importancia:

- Variación en el perfil longitudinal.
- Mediciones de la aspereza del pavimento en la dirección del tráfico.
- Profundidad promedio de la rodaduras.
- Medidas de los agrietamientos.
- Medidas de Baches.

En este método es donde se determinó el mejor desempeño de los pavimentos de concreto contra el pavimento flexible. Las variables que el método propone principalmente que influyen en un diseño de pavimentos son los siguientes:

1. Espesor.
2. Serviciabilidad.
3. Tráfico.
4. Transferencia de carga.
5. Propiedades del concreto.

6. Resistencia de la subrasante.

7. Drenaje.

Sin embargo, un indicador que lleva al diseñador a proveer un buen concreto es el Módulo de Ruptura que tiene el concreto, sabiendo que éste es la resistencia a la flexión que tiene el concreto; en la siguiente tabla se especifican algunas características acerca del módulo de ruptura que deben tener los pavimentos de acuerdo a su uso:

Tipo de Pavimento	MR recomendado	
	Kg/cm <sup>2</sup>	psi
Autopistas	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas Industriales	45.0	640.1
Urbanas Principales	45.0	640.1
Urbanas Secundarias	42.0	597.4

Tabla: 2.4. Módulo de ruptura del concreto en pavimentos.

Fuente: [www.imcyc.com.mx](http://www.imcyc.com.mx) (2010).

Este método es el principal usado para el diseño de pavimentos en México, ya que Cemex proporciona argumentos para que este sea empleado en el País con mayor frecuencia entre los diseñadores, obteniendo resultados favorables para los fines requeridos.

#### **2.4.2. Método de la UNAM.**

Este método es Mexicano, y fue creado en el Instituto de Investigaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México, se basa principalmente en el tipo de vehículos que transitan por la ciudad de México, siendo estos su fenómeno de estudio, se concluyó que aquí se debe utilizar el valor de los ejes de los vehículos de 18,000 libras aproximadamente, teniendo un espesor máximo de 9.5 cm y mínimo de base de 10 cm.

Toma en cuenta el tipo de material que se tienen en los bancos más cercanos al sitio del proyecto, con su respectivo valor relativo de soporte de diseño, así tomando este método se introducen con los datos obtenidos a la tabla siguiente y se obtienen los espesores recomendados de bases, subbases y carpetas.

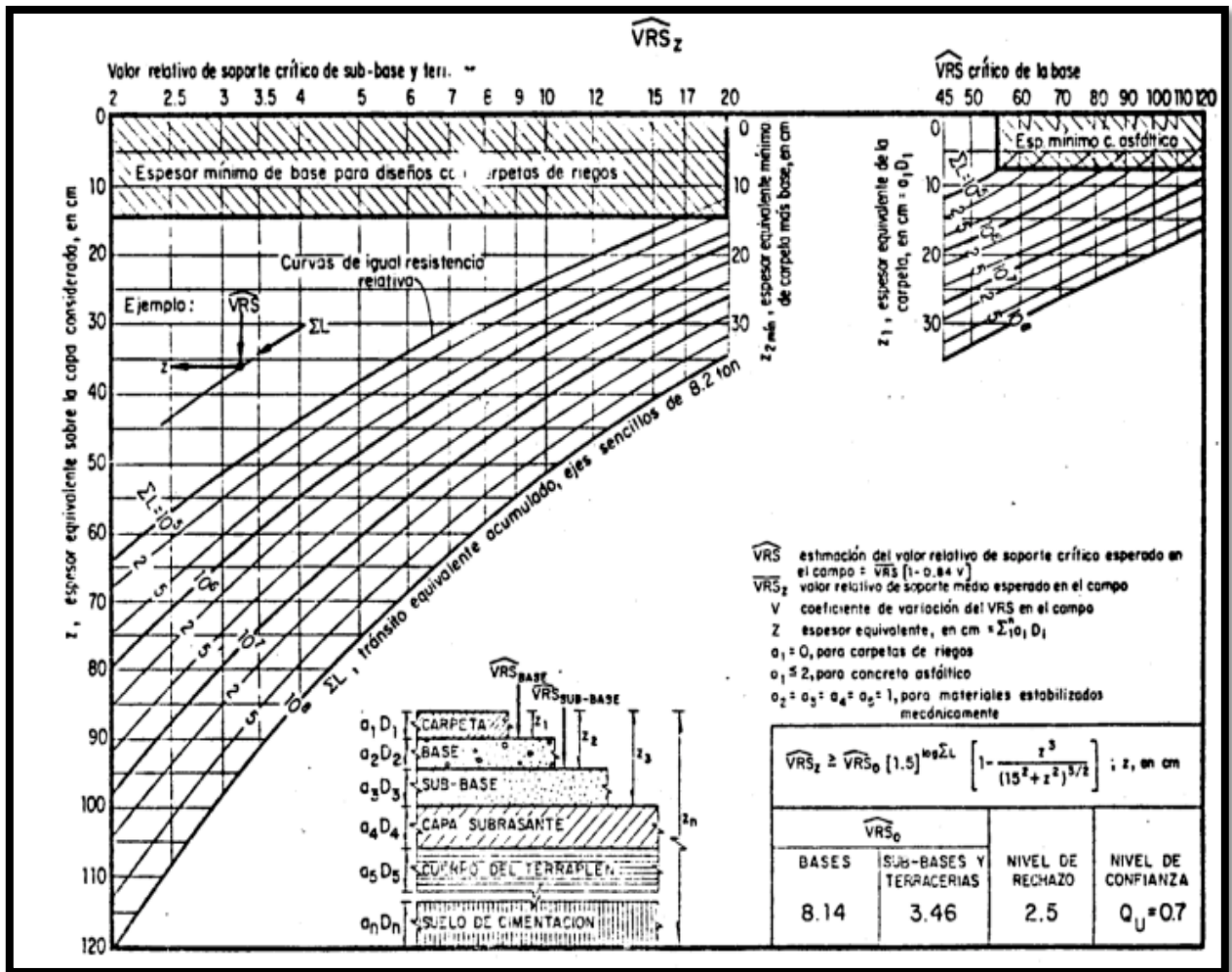


Tabla 2.5. Espesores de Pavimento.

Fuente: www.manualespdf.com (2010).

Por lo general, en México este método es utilizado para el diseño de pavimentos flexibles, ya que es muy exacto y de un muy fácil manejo, el único aspecto en el que se tarda el método es en la recolección de los datos.



## **2.5. Aforo Vehicular.**

"El aforo es una medida o muestra de la cantidad o volumen de los vehículos que transitan por cierta zona" ( [www.cememexico.com](http://www.cememexico.com)), el aforo debe tomar en cuenta las características de los vehículos, es decir, el tipo de autos que circulan por el sitio en estudio, cuantos pasan, a qué hora se presenta el tránsito más grande, estos aspectos son los que se toman en cuenta en el diseño del tipo de pavimento y el tipo de obra que será. El aforamiento se realiza en lugar donde se requiere un pavimento o el implemento de una vía terrestre, se puede generar mediante vía mecánica o vía manual.

- Forma manual.

Se realiza mediante muestreos y se efectúa durante un período de tiempo que va de entre 5 a 10 días por lo regular; en caso de que este se tome como 5 días esos días deberán incluir un fin de semana, su duración es de 24 horas (diariamente), si fuese el caso de los 10 días, los primeros 5 se muestrea durante las 24 horas y los restantes se muestrean de las 7:00 am a las 7:00 pm, es decir, periodos de 12 horas.

- Forma mecánica.

Esta forma suele ser de las más utilizadas en la actualidad por el fastidio de estar aforando con personal que se tiene que cambiar continuamente, además

este método de medición es mucho más seguro, ya que se realiza automáticamente mediante un contador mecánico de tubo de goma muy flexible que se instala en el lugar, para registrar cada paso vehicular.

En la actualidad existen muchos equipos de aforamiento vehicular, por lo que los trabajos de aforamiento han venido mejorándose de manera considerable debido a los avances tecnológicos en estos ámbitos de estudio.

En el capítulo 3 de la presente investigación se dará una amplia información geográfica que ayuda a ubicar el lugar que tiene la investigación, así como las características que conforman el entorno donde esta investigación se desarrolla, además de proporcionar una guía para que cualquier persona pueda tener acceso al lugar, describiendo las características de la región, clima, vegetación, zona urbana, comercio, actividades propias de la sociedad que será beneficiada con el desarrollo de la investigación.

## CAPÍTULO 3

### RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

El presente capítulo muestra las características hidrográficas, geológicas, topográficas, etc. sobre el tramo en estudio. Así mismo, en el presente apartado muestra las características físicas de objeto de estudio una recopilación acerca de las actividades comerciales presentes en la zona de estudio. En forma simplificada se describen los factores climáticos que predominan, además de la localización geográfica del sitio en el que tiene lugar la investigación, así como la conveniente solución a las interrogantes en estudio.

#### **3.1. Generalidades.**

El estado de Michoacán forma parte de los 32 estados con los que cuenta el país, contiene 113 municipios dentro de los cuales la ciudad de Uruapan del Progreso se cataloga como la segunda ciudad con mayor movimiento social dentro del estado; la palabra Uruapan hace alusión a la exuberante vegetación que existe en su entorno, por lo que la página [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) la cataloga como la capital mundial del aguacate, siendo aquí donde se produce el mejor aguacate con calidad de exportación.

El lugar donde inicialmente se asentó la ciudad fue en el lugar que en la actualidad es conocido como barrio de La Magdalena en el año de 1552 fue fundándose hasta formar la ciudad que hasta la fecha sigue poblándose. Uruapan del Progreso cuenta con la urbanización cubriendo la mayoría de los servicios necesarios para el desarrollo social de su población.

El sitio donde se localiza la investigación es una de las entradas a la ciudad de Uruapan, es donde precisamente se presenta mayor afluencia vehicular con respecto a las diferentes conexiones con la ciudad, por el hecho de que la autopista siglo XXI es quien se encarga de conectar a Uruapan por el lado oriente de la ciudad, trayendo consigo un sin fin de vehículos que se introducen a la ciudad con fines distintos; sin embargo el tramo de la investigación tiene inicio en el trayecto del paso a desnivel que se encuentra situado del Km 10+900 (esquina construcciones) al Km 9+800 (grúas Vázquez) marcado del sentido oriente a poniente marcado por CAPUFE (Caminos y Puentes Federales) de acuerdo a su cadenamiento.

El proyecto de investigación se clasifica dentro de las vialidades como una vialidad del tipo urbana que comprende 4 carriles, compuesto de dos carriles de 3.65 m en cada sentido, teniendo un camellón de por medio; el hecho de que el tramo se considera vialidad urbana, pero sea administrado por un organismo federal hace que la investigación resulte ser de importancia.

### **3.2. Objetivo y alcance del proyecto.**

El objetivo predominante de la investigación es encontrar el diseño idóneo de las capas de pavimento rígido con los requerimientos de tránsito necesarios de acuerdo a los lineamientos del método de diseño. La investigación es de carácter científico, por lo que los beneficiados en primer lugar son los usuarios de vehículos de la ciudad de Uruapan así como algunas de las poblaciones aledañas al municipio. El sector de la industria es un elemento los que sin lugar a duda tendrá beneficio alguno con la presente investigación.

El sector estudiantil del área de la Ingeniería Civil es uno de los principales beneficiarios con la investigación, sirviendo ésta como base para posteriores investigaciones relacionadas con la misma; toda información recaba en estos documentos se pueden utilizar como banco de información para la biblioteca correspondiente, todo dentro del área de las vialidades.

### **3.3. Resumen ejecutivo.**

El tramo en estudio se visita conforme la investigación así lo vaya determinando, es esta ocasión el tramo es visitado en dos ocasiones, la primera se realiza por cuestiones geológicas de la zona haciendo un sondeo para saber qué tipo de elementos se tienen para poder iniciar con las propuesta de solución. En esta visita se logro recorrer el tramo consiguiéndose obtener las muestras

necesarias para el análisis de laboratorio correspondiente con respecto a la mecánica de suelos que predomina en los diseños de pavimentos.

Se tiene el aforo vehicular de la zona en la cual se planteará el diseño de pavimento, dicho aforo se tiene realizado entre las horas pico para obtener valores máximos de tránsito que arrojarán valores del diseño para las situaciones más desfavorables. Toda información que se está recopilando, es objeto de documentación para la presentación de las alternativas planteadas para cumplir el objetivo propuesto en la investigación.

La información obtenida como parte teórica, se extrae e interpreta de las diferentes fuentes de información como lo son principalmente los libros, páginas web, manuales y normas de las dependencias que interesan en esta área, así algunas tesis existentes correspondientes al área del diseño de pavimentos.

Después de reunir los elementos necesarios para que esta investigación sea de carácter profesional, se define una solución para la incógnita que da inicio a la misma, solucionando los problemas de vialidad y tránsito vehicular correspondientes al tramo de pavimento elegido para la investigación. En la presentación de la información se destacan los medios usados para poder obtener el objetivo de la investigación así como la manera en que se llega a su solución.

### **3.4. Entorno geográfico.**

El margen geográfico es un medio que ya fue transformado de manera considerable por la sociedad de Uruapan, de tal manera que por la misma necesidad de urbanización que tiene el hombre, modificó los diferentes ecosistemas tanto de flora y fauna que abundaban por esta región, son principalmente en flora el bosque, además de los pinos y encinos que existen aledaños al sitio y parte destinada a la agricultura (aguacate); las especies animales que se encuentran en la zona suelen zorras, las tuzas, los tlacuaches y conejos.

Ahora en la actualidad el entorno geográfico se compone principalmente de viviendas y algunos negocios, así como algunas actividades del tipo industrial, mismo nombre que recibe el boulevard (sitio de estudio), la comunidad aledaña más cercana al sitio de la investigación se conoce como Caltzontzin ubicando su entrada a unos metros atrás del tramo en estudio, así este sitio y el lugar llamado La Cofradía se puede decir que son los lugares de colindancia con el tramo en estudio además de los negocios y viviendas ya mencionados que se extienden a lo largo del proyecto; siendo la sociedad uruapense la que más transcurre por el sitio de la investigación, teniendo una población de acuerdo al censo del Inegi de 235,000 habitantes, teniendo una densidad de población de 336 habitantes por cada km<sup>2</sup>.

### 3.5. Macro y microlocalización.

La investigación tiene lugar en el municipio de Uruapan, Michoacán, la ciudad queda situada a los 19° 24'56" de latitud Norte y 102°03'46" de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. La ciudad de Uruapan está situada en el Estado de Michoacán segunda ciudad más importante del estado. El estado de Michoacán es uno de los 32 con los que cuenta México ubicado al sur del mismo.

En el siguiente mapa de México se ubica primeramente donde se encuentra el estado de Michoacán para tener una mayor apreciación de la zona en estudio.



Imagen 3.1. Ubicación de Michoacán dentro de la República Mexicana

Fuente: [www.banxico.org.com](http://www.banxico.org.com) (2010).



### 3.5.1 Macrolocalización.

Una vez ubicado dentro del país y del estado de Michoacán, se sigue con la ubicación geográfica de la ciudad de Uruapan, por medio de las imágenes se da a conocer la ubicación y colindancia del tramo en estudio.



Imagen 3.2. Uruapan, Michoacán.

Fuente: [ww.google.com](http://ww.google.com) (2010).

La ciudad de Uruapan tiene varias formas para llegar a ella, ya sea por el lado de la capital ya sea por vía privada o federal, por el lado sur (Apatzingán), o a oeste por medio de la ciudad de Zamora .



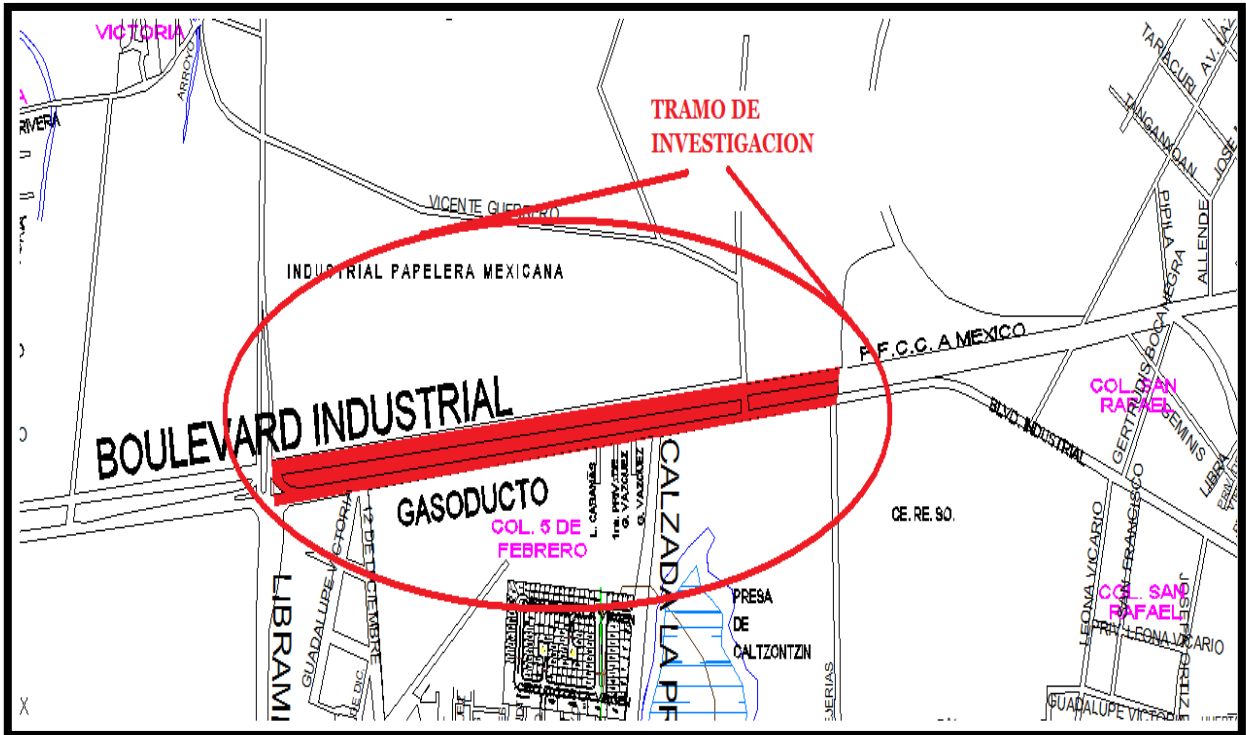


Imagen 3.4. Calles cercanas al boulevard industrial de Uruapan.

Fuente: [www.google.com.mx](http://www.google.com.mx) (2010).

Dentro de la urbanización de Uruapan se encuentra las calles que son colindancia con el sitio de la investigación, así como los posibles establecimiento que afectan de manera directa en el tráfico vehicular que circula por la zona debido al tipo de establecimientos que se encuentran en la zona de estudio.

### 3.6. Hidrografía.

El clima de la zona es uno de los climas más variados del estado de Michoacán afectado por las diferencias de alturas que posee la zona, es

subhúmedo con lluvias en verano; el sitio posee una pequeña presa aledaña al tramo de estudio (presa de Caltzontzin) la cual le da el mismo aire fresco a la zona siendo este clima templado comúnmente en otras épocas del año diferentes a al época de las lluvias. La temperatura promedio de la zona es de entre 12 ° a 20° C; el promedio de la precipitación pluvial anda entre los 1200 y 1500 mm anual.

### **3.7. Economía**

La principal economía es obtenida del comercio y de la industria, aunque sólo exista un elemento industrial siendo éste principalmente el más significativo de la economía del municipio, siendo la agricultura en esta zona un poco menor solamente por el hecho de las pocas huertas de aguacate (principal actividad de Uruapan) aledañas al sitio.

Otro factor importante para este sitio es el empleo que genera la zona por los negocios y el gran número de personal que existe en INPAMEX (industria) por los requerimientos que ésta necesita para su operación.

### **3.8. Topografía.**

La topografía en la zona de Uruapan se caracteriza por ser una zona con desniveles importantes, aunque en el sitio donde se desarrolla la investigación

(Boulevard Industrial) dichas elevaciones no son elementos que influyan de manera significativa en el diseño del pavimento.

En la zona de la investigación se encuentra al oriente de la ciudad, donde el aspecto topográfico no es un elemento que impida que el objetivo de la investigación no se cumpla de la forma adecuada. Uruapan es terreno montañoso en una tercera parte, y contiene aspectos importantes sobre su topografía, pero el Boulevard Industrial es la excepción porque en esta parte de la ciudad no ocurren grandes desniveles que marquen diferencia en la zona mencionada.

### **3.9. Reporte fotográfico de la zona.**

En la segunda visita realizada para una apreciación más específica en la zona se tomaron fotografías del tramo a diseñar para ver cuáles son los factores que pudieran causar algún efecto sobre el diseño del pavimento, así como los elementos de la hidrografía, naturaleza, y vehículos que se observan en el Boulevard Industrial de la ciudad de Uruapan.

Se muestran los sitios del Boulevard Industrial que son más conocidos para tener una mayor noción acerca del tramo que se elige para desarrollar la investigación, y a cualquiera que tenga la inquietud de ubicar geográficamente el proyecto.



Imagen. 3.5. Boulevard Industrial.

Fuente: Propia

El inicio del tramo de estudio tiene inicio en el paso a desnivel que se encuentra en el cruce del libramiento oriente con el Boulevard Industrial.



Imagen 3.6. Puente Peatonal frente a INPAMEX.

Fuente: Propia



A continuación se muestra la superficie donde se desea realizar el diseño de pavimento de concreto.



Imagen 3.7. Esquina del C.E.R.E.S.O. Uruapan.

Fuente: Propia.

Algunos de los establecimientos que prevalecen en el lugar de la investigación muestran la economía que la zona tiene.

Existen en el entorno del proyecto tiendas (de abarrotes principalmente), aunque existen algunos establecimientos que solo funcionan en ciertas horas y que producen el tráfico vehicular de la zona.



Imagen 3.8. Boulevard industrial frente al salón "El Centauro".

Fuente: Propia

El tráfico que circula por el Boulevard Industrial es de mucha importancia ya que es el factor que influye sobre el diseño.

La industria (INPAMEX) es el principal aportador de vehículos pesados que transitan en ambos sentidos, ya que este sitio es la conexión con la vía más cerca para el viaje que emprenden los productos que se producen de la zona en estudio.

Los vehículos más comunes son automóviles pequeños que no transmiten demasiada carga para que el pavimento pueda dañarse, sin embargo vehículos



de mayor tamaño como los que a continuación se muestran en la imagen 3.9 son los que principalmente producen el desgaste de la superficie de tránsito.



Imagen: 3.9. Vehículos pesados sobre el Boulevard industrial

Fuente: Propia

En el reporte fotográfico se muestran los elementos que constituyen al lugar donde tiene su desarrollo la investigación, así como aquellos fallos del pavimento existente en la zona.

### **3.10. Alternativas de solución.**

En este proyecto de investigación que es diseñar la estructura de pavimento rígido idóneo para Boulevard Industrial, sólo se tienen el terreno natural como elemento para determinar el diseño, en éste se realiza un sondeo a cada 400 mts de distancia para ser llevado al laboratorio y se obtengan los valores que sirven

para el diseño de la estructura de dicho pavimento. El diseño del pavimento se realiza mediante el método ASSHTO con el software de Cemex, donde las condiciones de tráfico y terreno natural darán el espesor de las capas de que estará compuesta dicha estructura. Existen diferentes formas de diseñar, ya sea mediante métodos manuales o mediante métodos electrónicos que son de mayor confianza y por lo regular con una duración mínima de cálculo.

En el capítulo 4 se muestra la metodología que se siguió para la presente investigación para llegar a resolver la incógnita, cumpliendo todos los objetivos planteados dentro del inicio de la misma. Se muestran aquí el tipo de investigación que se realiza así como el tipo de enfoque al que se inclina.

Los elementos utilizados en la investigación se requieren plasmar en este apartado para que cualquier persona sepa que elementos debe utilizar en el momento en que se presente una situación similar. los métodos y teorías utilizados en el diseño de pavimentos además de los software que son de gran ayuda, en esta investigación son mencionados aquí para poder facilitar el capítulo de cálculos requeridos y mostrar cómo se realiza la solución planteada para la incógnita a resolver.

## CAPÍTULO 4

### METODOLOGÍA

El concepto de metodología hace referencia a aquellos procedimientos que son basados en principios lógicos, utilizados con la finalidad de alcanzar objetivos planteados dentro de una investigación científica; puede definirse de otra manera como las etapas de un proyecto el cual nace con una suposición teórica, lo que conlleva a una selección de procedimientos con los cuales se resolverá una hipótesis planteada en la investigación. Dentro de lo que es la metodología de una investigación se debe de utilizar algún método para lograr el objetivo principal del proyecto o la investigación, el enfoque con el que se desarrolla así como el alcance que se tiene con la investigación.

#### **4.1. Método empleado.**

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). Éste método es solo aplicar la lógica hacia la realidad o aquellos hechos que han sido observados.

En esta investigación este método se usa por ser precisamente una investigación con fines de estudio, utilizando bases que sustentan técnicamente lo

que se plasma en la misma; además esta investigación es totalmente objetiva, ya que los datos e información utilizados son reales y sustentados.

#### **4.1.1 Método matemático.**

De los principales conceptos que el ser humano tiene presentes en cualquier instante de su vida, uno de ellos es el de cantidad, y es éste concepto fundamental que da pie en la investigación por el hecho de hacer uso de cifras numéricas con la finalidad de que dichos valores son de importancia para cumplir el objetivo de la investigación.

En cualquier investigación donde los números estén presentes para afirmar o negar algún caso particular de un proyecto, es decir, el método matemático consiste en el uso de los elementos matemáticos para resolver o estudiar un fenómeno de la realidad partiendo de hipótesis, es así como se está aplicando éste método.

En esta investigación que se presenta, se emplea este método porque se dará la interpretación que los número arrojen al final de los procedimientos que se emplean en el ámbito de los pavimentos.

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

El enfoque de la presente investigación es de tipo cuantitativo, ya que los elementos utilizados son magnitudes expresadas en números y otras unidades correspondientes, se que se utilizaron variables que son cuantificadas y pueden ser comparadas en posteriores investigaciones. Este tipo de investigación es objetiva, por tal motivo se usa este enfoque cuantitativo, donde se utiliza factores que constituyen a las ciencias exactas.

Así el enfoque cuantitativo se caracteriza por recolectar datos numéricos de los fenómenos implicados en la investigación, que se obtendrán a partir de la hipótesis generada al inicio de ésta, además se establecerá una conclusión a partir de la pregunta de investigación con la cual se inicia la investigación.

Este enfoque se elige por el hecho de que en la presente investigación se utilizan los números, es decir, el enfoque que se le da a la investigación es totalmente cuantitativo, ya que se realizan pruebas, mediciones y algunos cálculos que resultarán de los procedimientos empleados para la solución a la incógnita planteada en un inicio.

#### **4.2.1. Alcance de la investigación.**

El alcance o propósito de la investigación es de carácter descriptivo, por lo que se busca las características o especificaciones que se requieren sobre el objetivo principal de la investigación; el alcance de ésta investigación se da de manera descriptiva porque, se dará pie para la medida de los datos necesarios para determinar los fenómenos que sigue la investigación.

La principal finalidad que tiene éste alcance es medir las variables que tendrá el objetivo de la investigación; por tal motivo se utiliza el alcance descriptivo, de hecho se busca describir aquellas características que definan el propósito que busca la presente investigación.

Se determina que el alcance de esta investigación es de tipo descriptivo, por lo cual el mismo enfoque que se da (cuantitativo) ayuda a resolver las variables que caracterizan al fenómeno en estudio, se busca obtener los valores máximos en los aforos que se realizan para obtener los datos correspondientes para el diseño óptimo del objeto de la investigación.

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

De acuerdo con Tamayo (2000), el diseño de la investigación es la estrategia que utiliza el investigador para plantear las posibles respuestas a las

incógnitas que da pie a la investigación. El diseño no experimental no manipula ninguna variable, porque se analizan los objetos de estudio para dar un dictamen acerca de lo observado.

La investigación que se presenta es de tipo no experimental, por lo que el investigador está observando los fenómenos en estudio tal y como se desarrollan de manera natural. Sobre el diseño se tiene dentro de la investigación no experimental una clasificación que permite dar una orientación más precisa de acuerdo con el tipo de fenómeno que se estudia.

Las investigaciones no experimentales transaccionales o transversales, de acuerdo a Tamayo (200) son aquellas en las cuales la recolección de los datos se realiza en un tiempo único, describiendo las variables y analizar cuáles son los acontecimientos más probables que puede tener el fenómeno.

Por ésta razón en la presente investigación se determina que pertenece al tipo transeccional ya que, se determinan los valores necesarios para dar una estructuración de un pavimento de acuerdo a la recolección de los datos con respecto al tráfico vehicular que se presenta en la zona de estudio, para poder analizarse e indagar sobre los hechos que serán relevantes. Todo este proceso se lleva a cabo en un tiempo determinado en que se presenta la investigación.

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

Las técnicas utilizadas en el proceso de la recopilación de la información que tiene esta investigación son diversas; la observación en campo del fenómeno en estudio es el principal elemento que da lugar a los métodos que se emplearan para llegar a conocer cuáles son los efectos de las variables que se tienen.

Los programas de computación son elementos que simplifican en la mayoría de las ocasiones el resultado que arrojan las variables, así en esta investigación se utiliza un software proporcionado por Cemex (cementos mexicanos) en el cual los datos que se recopilan son introducidos para que el software arroje los datos específicos requeridos.

El Autocad (2010) es una herramienta fundamental en la que el ingeniero, arquitecto, topógrafo, etc., se apoyan para realizar una geometría adecuada de los proyectos que son de importancia. En esta investigación se utiliza (Autocad 2010) con el propósito de tener una base digital en la que se sustente la investigación para dar a conocer el fenómeno en estudio, cuáles son los aspectos que se toman para su diseño, el tramo específico donde tendrá su desarrollo y la recolección de información necesaria para el diseño que se requiere realizar.



En la visita que se tiene a la zona en estudio, se observan todos los detalles que influyen de manera directa en el proceso de la resolución de la incógnita buscada; se utiliza una hoja proporcionada por Cemex para realizar el aforo vehicular, en la cual se especifican los tipos de vehículos que pasan por el tramo en estudio así como las características que los vehículos poseen.

Excel es un programa de Microsoft que se utiliza para el desarrollo de operaciones matemáticas, las cuales nos ayudan a disminuir el trabajo, ésta investigación se apoya en la herramienta mencionada para la determinación de las características del suelo, para simplificar trabajo que se realiza comúnmente a mano. Los elementos con los que en la actualidad se cuentan para realizar cualquier tipo de investigación son muchos, por lo que las investigaciones con fines futuros no son interrumpidas por no poseer tecnología adecuada.

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

La forma en que una investigación tiene su origen, es mediante la necesidad de buscar una solución para algún problema en particular que se desea resolver; de acuerdo con el objetivo que se tenga que conseguir así podrá ser experimental, transeccional o transversal, o del tipo que sea, tiene que tener un orden en la manera en que se lleva a cabo la solución de la incógnita buscada. La presente investigación surge mediante la observación del mantenimiento dado a las diferentes vialidades de la ciudad de Uruapan, mediante lo cual se ubica el

sitio donde se desarrolla la misma, y se desea buscar una solución a la problemática que se menciona en paginas anteriores.

Una vez que se elige el lugar de la investigación se propone una alternativa de solución, la cual es desarrolla y verificada al final, teniendo en cuenta el beneficio que acarrea hacia el problema.

En la investigación se ubicó el sitio y se planteó la solución (diseño de pavimento rígido), así se inició con la visita al lugar de investigación examinando el tramo carretero en este caso (Boulevard Industrial Km 9+800 al Km 10+900), posteriormente se determinó el tipo de suelo que existe, realizando sondeos a tres bolillos en el terreno; teniendo los datos del tipo de suelo y del aforo vehicular que se necesitan en el diseño, se procede a elegir el método con el que se desea diseñar (AASHTO) y utilizando las herramientas que la tecnología tiene se procede a realizar el diseño de pavimento rígido.

En esta investigación el diseño se desarrolla mediante el software de Cemex obtenido en la página electrónica de la misma empresa ([www.cemexmexico.com](http://www.cemexmexico.com)) para determinar el tamaño de los espesores del pavimento, en el software se especifican cada uno de los elementos requeridos para el diseño de pavimentos rígidos, así una vez teniendo los datos requeridos

(tipo de suelo y composición vehicular) se introducen en la forma en que el mismo software lo va requiriendo.

El software calcula los resultados esperados y dando el espesor conveniente de la losa de concreto dependiendo de los datos introducidos; el diseñador es quien determina los elementos que quiere que el software tome en cuenta en el diseño. Así de esta manera se determina el espesor del pavimento obteniendo los valores de subbase (propuesta) y losa de concreto (software) requeridos para el tránsito requerido.

En el Capítulo 5 de esta investigación está enfocado a mostrar la forma en que se analiza la solución de la incógnita con la que surge la investigación, además de la interpretación que arrojan los resultados obtenidos. Muestra la forma en que se llega a la solución que se pretende dar, así como los elementos que influyen en los resultados.

## **CAPÍTULO 5**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

Dentro de la presente investigación el capítulo 5 aborda sobre la solución que se tiene para la incógnita planteada al inicio de la investigación, teniendo en cuenta la forma de llegar al resultado esperado obteniendo un resultado estructuralmente seguro. Se muestra el procedimiento de cálculo que se sigue conforme al método AASHTO, así de esta forma se obtienen los valores que el software propone para dar solución al planteamiento del problema.

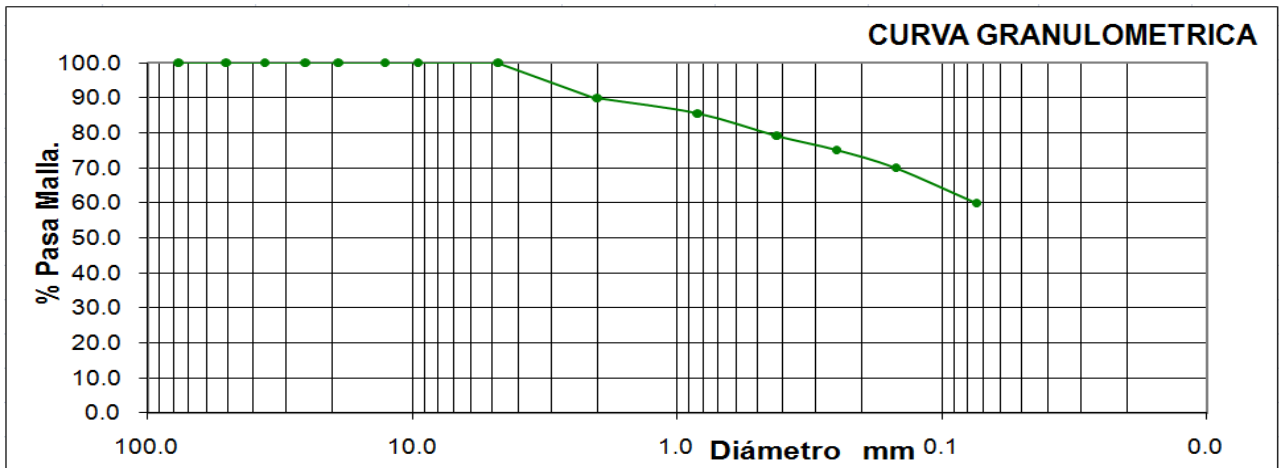
#### **5.1.- Tipo de suelo.**

Dentro de los estudios que existen para poder iniciar los diseños en un pavimento se necesita saber sobre que elemento (suelo) se pretende colocar el diseño, para eso es necesario realizar las pruebas correspondientes para determinar el tipo de suelo sobre el que se desea colocar el diseño del pavimento para se recurre a las pruebas de la determinación granulométrica y los límites de Atterberg. Para llevar a cabo estas pruebas se realiza un sondeo en diferentes partes del proyecto, se realiza una excavación (sondeo), se realiza a "tres bolillos", es decir, en forma de zig - zag a una distancia de por lo menos 300 mts, una vez teniendo las muestras de material se realizan las pruebas obteniendo los resultados de la siguiente manera:

-GRANULOMETRIA :

GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO				
OBRA	BOULEVARD INDUSTRIAL, URUAPAN		DESPERDICIO % RET	2"
PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO		PESO HUMEDO (gm)	200.00
ENSAYE No.	1	No. 1	PESO SECO (gm)	167.20
MUESTRA No.	1	PROF.	PESO NETO DE MAT.	1.487
DESCRIPCION	LIMO COLOR CAFÉ		VOLUMEN MOLDE	0.001
MATER.	OBSCURO		PESO VOLUMETRICO	"Ton/m3"
TIPO DE	POR			
GRANULOMETRIA :	LAVADO			
			FECHA:	09/11/2010
			% W NAT.	
			OPERADOR:	C.PEREZ
			CÁLCULO:	C.PEREZ
			Vo. Bo.:	

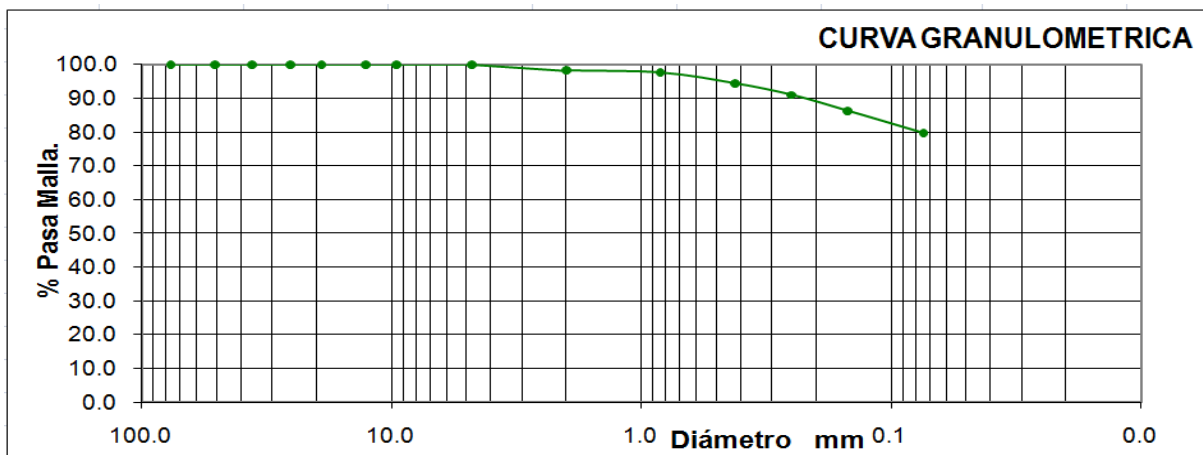
GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla	Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla
Malla mm.	pulgadas	Parcial ( kgs)	Parcial	Parcial	Malla mm.	No.	Parcial ( gms)	Parcial	Parcial
76.2	3"	0.0000	0.00	100.00					100
50.8	2"	0.0000	0.00	100.00	2	10	50.00	10.00	90.00
36.1	1 1/2"	0.0000	0.00	100.00	0.84	20	21.60	4.32	85.68
25.4	1"	0.0000	0.00	100.00	0.42	40	32.40	6.48	79.20
19.05	3/4"	0.0000	0.00	100.00	0.25	60	20.00	4.00	75.20
12.7	1/2"	0.0000	0.00	100.00	0.149	100	26.00	5.20	70.00
9.52	3/8"	0.0000	0.00	100.00	0.074	200	50.10	10.02	59.98
4.76	No. 4	0.0000	0.00	100.00		Pasa 200	299.90	59.98	0.00
	Pasa No. 4	0.0000	0.00	100.00		SUMA	500.00	100.00	
	SUMA	3.0000	0.00						
	0.0000					500.00			



## GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO

OBRA	BOULEVARD INDUSTRIAL, URUAPAN	DESPERDICIO % RET	2"	FECHA:	13/11/2010
PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO	PESO HUMEDO (gm)	200.00		
ENSAYE No.	2	SONDEO No.	2	PESO SECO (gm)	176.35 % W NAT.
MUESTRA No.	2	PROF.		PESO NETO DE MAT.	"kg" 1.533
DESCRIPCION MATER.	LIMO COLOR CAFÉ OBSCURO	VOLUMEN MOLDE	"m3" 0.001	OPERADOR:	C.PEREZ
TIPO DE GRANULOMETRIA :	POR LAVADO	PESO VOLUMETRICO	"Ton/m3"	CÁLCULO:	C.PEREZ
				Vo. Bo.:	

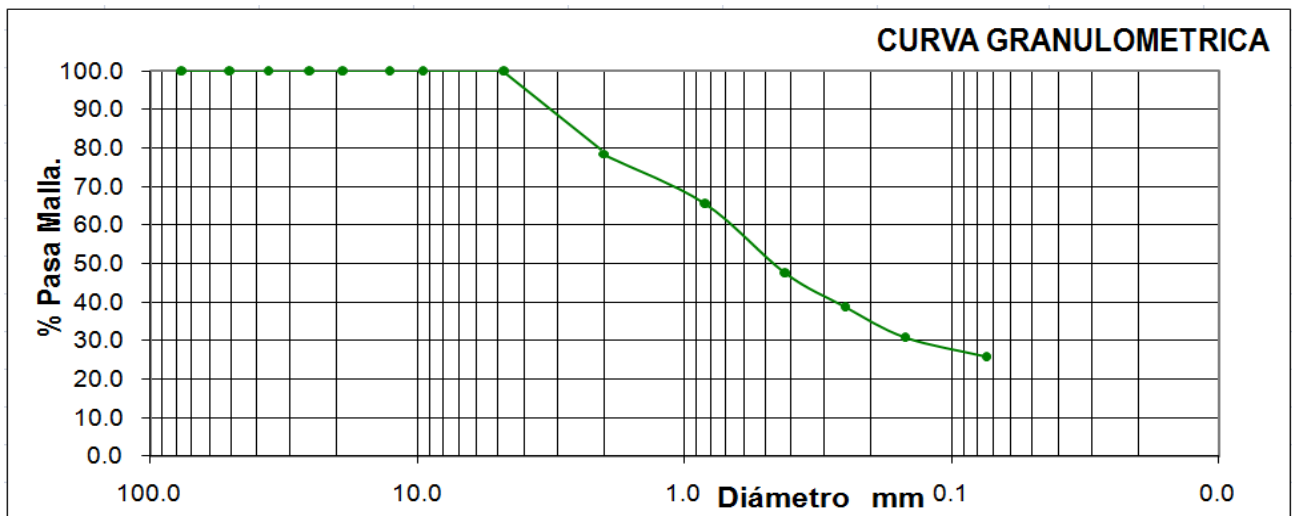
GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla	Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla
Malla mm.	pulgadas	Parcial ( kgs)	Parcial	Parcial	Malla mm.	No.	Parcial ( gms)	Parcial	Parcial
76.2	3"	0.0000	0.00	100.00					100
50.8	2"	0.0000	0.00	100.00	2	10	8.85	1.77	98.23
36.1	1 1/2"	0.0000	0.00	100.00	0.84	20	3.10	0.62	97.61
25.4	1"	0.0000	0.00	100.00	0.42	40	16.10	3.22	94.39
19.05	3/4"	0.0000	0.00	100.00	0.25	60	16.90	3.38	91.01
12.7	1/2"	0.0000	0.00	100.00	0.149	100	23.60	4.72	86.29
9.52	3/8"	0.0000	0.00	100.00	0.074	200	33.10	6.62	79.67
4.76	No. 4	0.0000	0.00	100.00		Pasa 200	398.35	79.67	0.00
	Pasa No. 4	0.0000	0.00	100.00		SUMA	500.00	100.00	
	SUMA	3.0000	0.00						
	0.0000					500.00			



## GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO

OBRA	BOULEVARD INDUSTRIAL, URUAPAN	DESPERDICIO % RET	2" FECHA: 13/11/2010
PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO	PESO HUMEDO (gm)	200.00
ENSAYE No.	3 SONDEO No. 3	PESO SECO (gm)	168.33 % W NAT.
MUESTRA No.	3 PROF.	PESO NETO DE MAT.	"kg" 1.850 OPERADOR: C.PEREZ
DESCRIPCION	ARENA,COLOR CAFÉ CLARO	VOLUMEN MOLDE	"m3" 0.001 CÁLCULO: C.PEREZ
MATER.		PESO VOLUMETRICO	"Ton/m3" Vo. Bo.:
TIPO DE GRANULOMETRIA	POR LAVADO		

GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla	Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla
Malla mm.	pulgadas	Parcial (kgs)	Parcial	Parcial	Malla mm.	No.	Parcial (gms)	Parcial	Parcial
76.2	3"	0.0000	0.00	100.00					100
50.8	2"	0.0000	0.00	100.00	2	10	107.80	21.56	78.44
36.1	1 1/2"	0.0000	0.00	100.00	0.84	20	63.30	12.66	65.78
25.4	1"	0.0000	0.00	100.00	0.42	40	90.50	18.10	47.68
19.05	3/4"	0.0000	0.00	100.00	0.25	60	44.40	8.88	38.80
12.7	1/2"	0.0000	0.00	100.00	0.149	100	40.04	8.01	30.79
9.52	3/8"	0.0000	0.00	100.00	0.074	200	25.08	5.02	25.78
4.76	No. 4	0.0000	0.00	100.00		Pasa 200	128.88	25.78	0.00
	Pasa No. 4	0.0000	0.00	100.00		SUMA	500.00	100.00	
	SUMA	3.0000	0.00						
	0.0000					500.00			



-Límites de Atterberg:

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG			
TIPO DE OBRA:	DISEÑO DE PAVIMENTO	FECHA:	13/11/2010
LOCALIZACION:	BOULEVARD INDUSTRIAL, URUAPAN	MUESTRA No.	1
ENSAYE:	1 SONDEO NO.	1	OPERADOR: C.PEREZ
DESCRIPCION MATERIAL:	LIMO CAFÉ CLARO	CALCULO:	C.PEREZ

**LIMITE LIQUIDO**

Prueba No	No. de Golpes	Capsula No.	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	33	5C	19.48	18.61	0.87	16.41	2.20	39.55
2	27	7C	28.89	26.18	2.71	21.45	4.73	57.29
3	23	8C	21.82	19.61	2.21	16.27	3.34	66.17
4	18	11C	29.20	25.94	3.26	22.18	3.76	86.70

**LIMITE PLASTICO**

Prueba No.	Capsula No.	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	7C	21.62	21.50	0.12	21.30	0.20	60.00
2	10C	16.65	16.56	0.09	16.32	0.24	37.50

**LIMITE DE CONTRACCION**

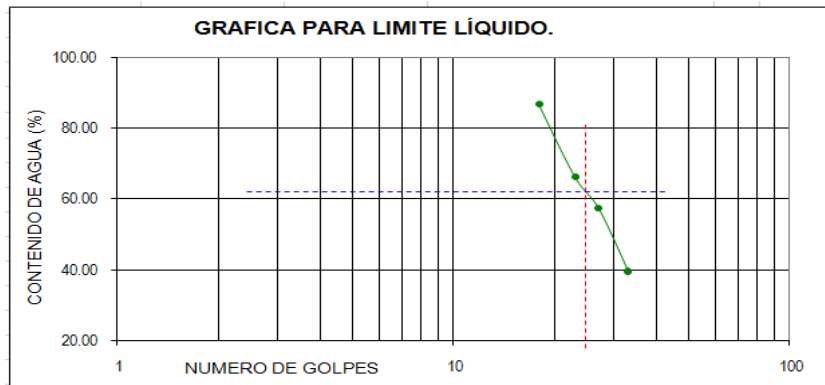
Cápsula No.	Tipo de Prueba	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	Lineal	124.03	105.21	18.82	58.13	47.08	17.89
Longitud Inicial (cm)		10.02	Long. Final (cm)	9.30	Contracción Lineal (%)		7.19

LIMITE LÍQUIDO LL (%) = 63.00

LIMITE PLÁSTICO LP (%) = 48.75

INDICE PLÁSTICO IP (%) = **14.25**

CLASIFICACION SUCS = **MH**





LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG			
TIPO DE OBRA:	DISEÑO DE PAVIMENTO		FECHA: 13/11/2010
LOCALIZACION:	BOULEVARD INDUSTRIAL, URUAPAN		MUESTRA No. 1
ENSAYE Y PROF. DESCRIPCION MATERIAL:	2	SONDEO NO. 2	OPERADOR: C.PEREZ
	LIMO COLOR CAFÉ		CALCULO: C.PEREZ

#### LIMITE LIQUIDO

Prueba No	No. de Golpes	Capsula No.	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	34	7C	28.00	26.20	1.80	20.45	5.75	31.30
2	28	5C	23.75	21.35	2.40	16.50	4.85	49.48
3	24	11C	25.60	21.93	3.68	16.85	5.08	72.41
4	19	8C	23.22	20.90	2.32	18.10	2.80	82.86

#### LIMITE PLASTICO

Prueba No.	Capsula No.	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	A1	22.40	21.20	1.20	19.20	2.00	60.00
2	A3	17.23	17.00	0.23	16.02	0.98	23.47

#### LIMITE DE CONTRACCION

Cápsula No.	Tipo de Prueba	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	Lineal	124.44	104.40	20.04	58.13	46.27	19.20

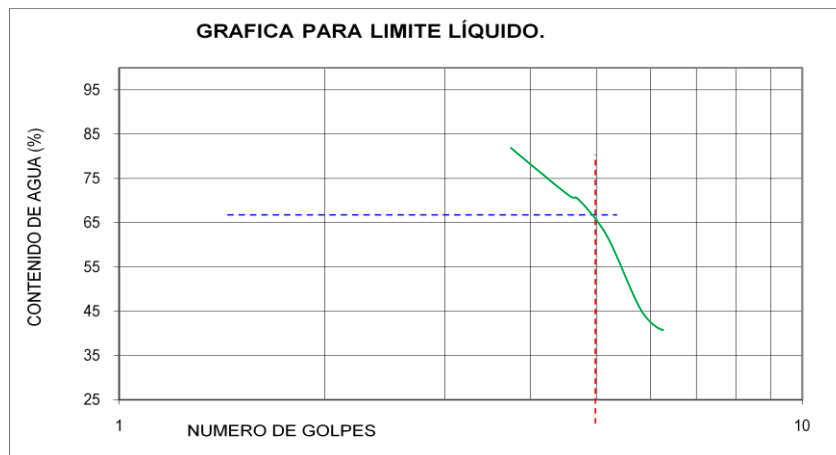
HUMEDAD NATURAL W (%) = -

LIMITE LÍQUIDO LL (%) = **67.00**

LIMITE PLÁSTICO LP (%) = 41.73

INDICE PLÁSTICO IP (%) = **25.27**

CLASIFICACION SUCS = **MH**



### LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

TIPO DE OBRA:	DISEÑO DE PAVIMENTO	FECHA:	13/11/2010
LOCALIZACION:	BOULEVARD INDUSTRIAL, URUAPAN	MUESTRA No.	3
ENSAYE : DESCRIPCION MATERIAL:	3 NO. ARENA CAFÉ CLARO	3	OPERADOR: C.PEREZ  CALCULO: C.PEREZ

#### LIMITE LIQUIDO

Prueba No	No. de Golpes	Capsula No.	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	34	12C	28.29	25.30	2.99	18.50	6.80	43.97
2	29	6C	24.30	21.30	3.00	16.20	5.10	58.82
3	24	A3	24.06	20.21	3.85	14.10	6.11	63.01
4	18	A1	28.33	25.42	2.91	21.70	3.72	78.23

#### LIMITE PLASTICO

Prueba No.	Capsula No.	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	A4	18.03	16.77	1.26	13.20	3.57	35.29
2	A5	16.80	15.80	1.00	14.10	1.70	58.82

#### LIMITE DE CONTRACCION

Cápsula No.	Tipo de Prueba	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	Lineal	117.52	98.01	19.51	59.09	38.92	19.91
Longitud Inicial (cm)		9.20	Long. Final (cm)	9.01	Contracción Lineal (%)		2.07

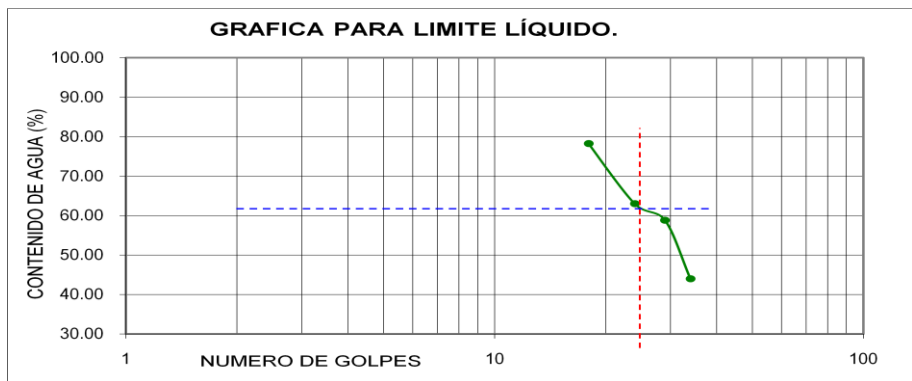
HUMEDAD NATURAL W (%) =           -          

LIMITE LÍQUIDO LL (%) =           **62.00**          

LIMITE PLÁSTICO LP (%) =           47.06          

INDICE PLÁSTICO IP (%) =           **14.94**          

CLASIFICACION SUCS =           **OL**          



-Determinación del peso volumétrico seco máximo, ASSHTO ESTANDAR.

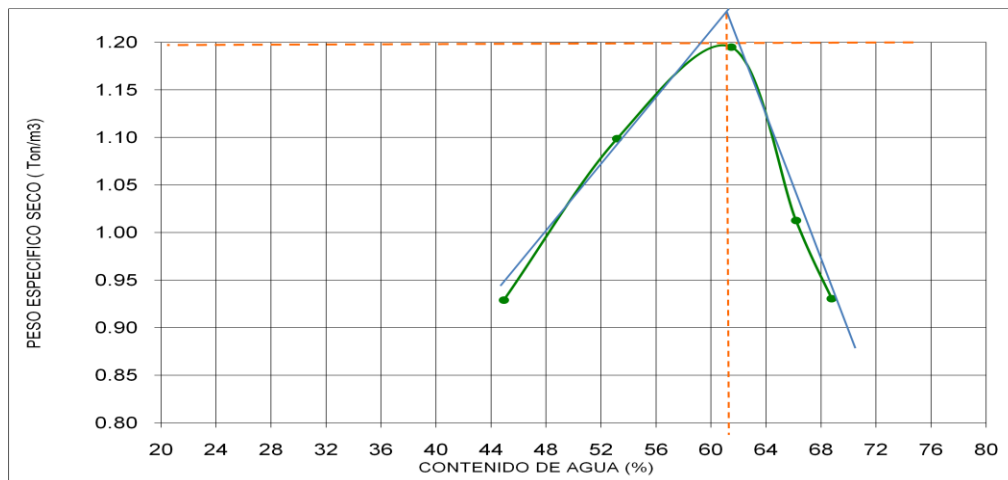
DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SECO ( AASHTO ESTANDAR)					
TIPO DE OBRA:	DISEÑO DE PAVIMENTO			FECHA :	14/11/2010
LOCALIZACIÓN	BOLEVARD INDUSTRIAL			PROFUND:	1.2
ENSAYE No.	1	SONDEO No:	1	ESTRATO No:	1
OPERADOR :	C.PEREZ			OPERADOR :	C.PEREZ
DESCRIPCION DEL MATERIAL :	CAFÉ CLARO			CALCULO :	C.PEREZ

MOLDE No.	UNO	VOLUMEN MOLDE (cm3)	891.43	PESO DEL MOLDE (gms)	3700.00
P. MARTILLO (gr)	2500	ALTURA DE CAIDA (cm)	30.5	COLLARIN INFERIOR + PLACA	
No. DE CAPAS	TRES	GOLPES POR CAPA	25	TIPO DE PRUEBA: AASHTO ESTANDAR.	

PRUEBA No.	1	2	3	4	5	6
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gms)	4900.00	5085.00	5200.00	5300.00	5250.00	
PESO MOLDE (gms)	3700.00	3700.00	3700.00	3700.00	3700.00	
PESO SUELO HUMEDO (gms)	1200.00	1385.00	1500.00	1600.00	1550.00	
PESO ESPECIFICO HUMEDO (ton/m3)	1.35	1.55	1.68	1.79	1.74	
<b>HUMEDADES</b>						
PESO SUELO HUMEDO (gms)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	
PESO SUELO SECO (gms)	141.00	132.50	128.50	125.00	119.00	
PESO DEL AGUA (gms)	59.00	67.50	71.50	75.00	81.00	
CONTENIDO DE AGUA (%)	41.84	50.94	55.64	60.00	68.07	
PESO ESPECIFICO SECO (ton/m3)	0.95	1.03	1.08	1.12	1.03	
RELACION DE VACIOS						

$$\frac{\text{PESO ESPECIFICO HUMEDO}}{1 + \text{CONTENIDO DE HUMEDAD}} = \text{PESO ESPECIFICO SECO} \quad \gamma_d = \frac{S_s \gamma_o}{1 + e}$$

PVSM	
RESULTADO :	(kg/m3)= 1120.00
	Wopt (%) = 62.00



## DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SECO ( AASHTO ESTANDAR)

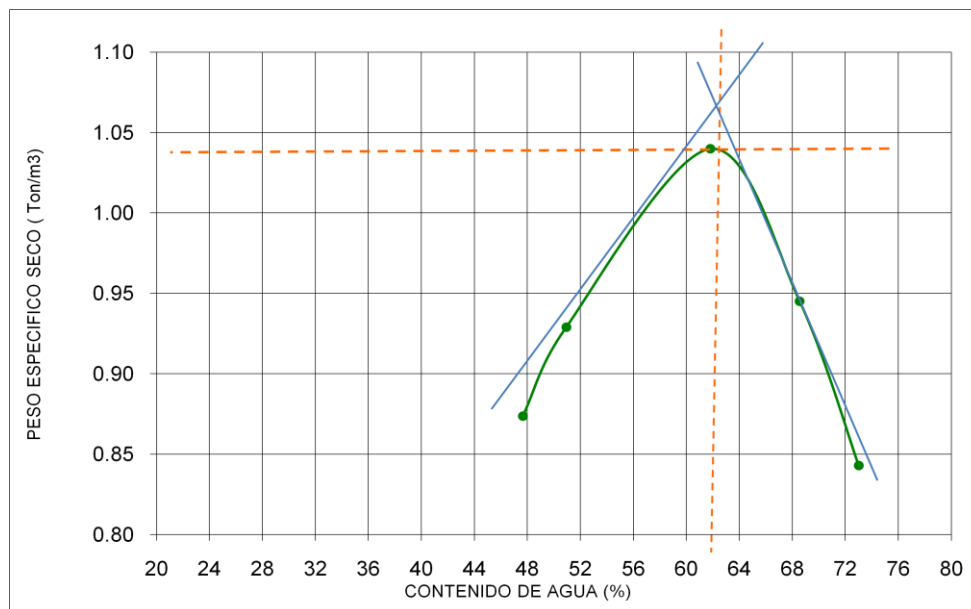
TIPO DE OBRA:	DISEÑO DE PAVIMENTO	FECHA :	14/11/2010
LOCALIZACIÓN	BOLEVAR INDUSTRIAL	PROFUND:	1.2
ENSAYE No.	2	SONDEO No:	2
		ESTRATO No:	1
DESCRIPCION DEL MATERIAL :	CAFÉ CLARO	OPERADOR :	C.PEREZ
		CALCULO :	C.PEREZ

MOLDE No.	UNO	VOLUMEN MOLDE (cm3)	891.43	PESO DEL MOLDE (gms)	3700.00
P. MARTILLO (gr)	2500	ALTURA DE CAIDA (cm)	30.5	COLLARIN INFERIOR + PLACA	
No. DE CAPAS	TRES	GOLPES POR CAPA	25	TIPO DE PRUEBA: AASHTO ESTANDAR.	

PRUEBA No.	1	2	3	4	5	6
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gms)	4850.00	4950.00	5200.00	5120.00	5000.00	
PESO MOLDE (gms)	3700.00	3700.00	3700.00	3700.00	3700.00	
PESO SUELO HUMEDO (gms)	1150.00	1250.00	1500.00	1420.00	1300.00	
PESO ESPECIFICO HUMEDO (ton/m3)	1.29	1.40	1.68	1.59	1.46	
<b>HUMEDADES</b>						
PESO SUELO HUMEDO (gms)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	
PESO SUELO SECO (gms)	135.45	132.50	123.60	118.65	115.60	
PESO DEL AGUA (gms)	64.55	67.50	76.40	81.35	84.40	
CONTENIDO DE AGUA (%)	47.66	50.94	61.81	68.56	73.01	
PESO ESPECIFICO SECO (ton/m3)	0.87	0.93	1.04	0.95	0.84	
RELACION DE VACIOS						

$$\frac{\text{PESO ESPECIFICO HUMEDO}}{1 + \text{CONTENIDO DE HUMEDAD}} = \frac{\text{PESO ESPECIFICO SECO}}{\gamma_d = \frac{S_s \gamma_o}{1 + e}}$$

RESULTADO :	PVSM (kg/m3) = 1040.00
	Wopt (%) = 63.00



## DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SECO ( AASHTO ESTANDAR)

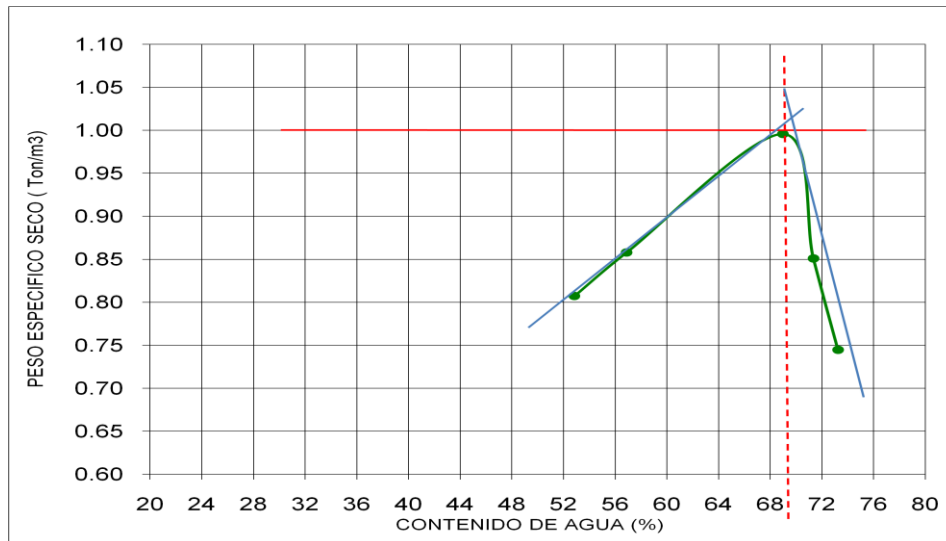
TIPO DE OBRA:	DISEÑO DE PAVIMENTO	FECHA :	14/11/2010
LOCALIZACIÓN	BOLEVAR INDUSTRIAL	PROFUND:	1.1
ENSAYE No.	3	SONDEO No:	3
		ESTRATO No:	1
DESCRIPCION DEL MATERIAL :	CAFÉ CLARO	OPERADOR :	C.PEREZ
		CALCULO :	C.PEREZ

MOLDE No.	UNO	VOLUMEN MOLDE (cm3)	891.43	PESO DEL MOLDE (gms)	3700.00
P. MARTILLO (gr)	2500	ALTURA DE CAIDA (cm)	30.5	COLLARIN INFERIOR + PLACA	
No. DE CAPAS	TRES	GOLPES POR CAPA	25	TIPO DE PRUEBA: AASHTO ESTANDAR.	

PRUEBA No.	1	2	3	4	5	6
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gms)	4800.00	4900.00	5200.00	5000.00	4850.00	
PESO MOLDE (gms)	3700.00	3700.00	3700.00	3700.00	3700.00	
PESO SUELO HUMEDO (gms)	1100.00	1200.00	1500.00	1300.00	1150.00	
PESO ESPECIFICO HUMEDO (ton/m3)	1.23	1.35	1.68	1.46	1.29	
<b>HUMEDADES</b>						
PESO SUELO HUMEDO (gms)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	
PESO SUELO SECO (gms)	130.85	127.48	118.36	116.73	115.45	
PESO DEL AGUA (gms)	69.15	72.52	81.64	83.27	84.55	
CONTENIDO DE AGUA (%)	52.85	56.89	68.98	71.34	73.24	
PESO ESPECIFICO SECO (ton/m3)	0.81	0.86	1.00	0.85	0.74	
RELACION DE VACIOS						

$$\frac{\text{PESO ESPECIFICO HUMEDO}}{1 + \text{CONTENIDO DE HUMEDAD}} = \frac{\text{PESO ESPECIFICO SECO}}{\gamma_d = \frac{S_s \gamma_o}{1 + e}}$$

RESULTADO :	PVSM (kg/m3)= 1000.00
	Wopt (%) = 70.00

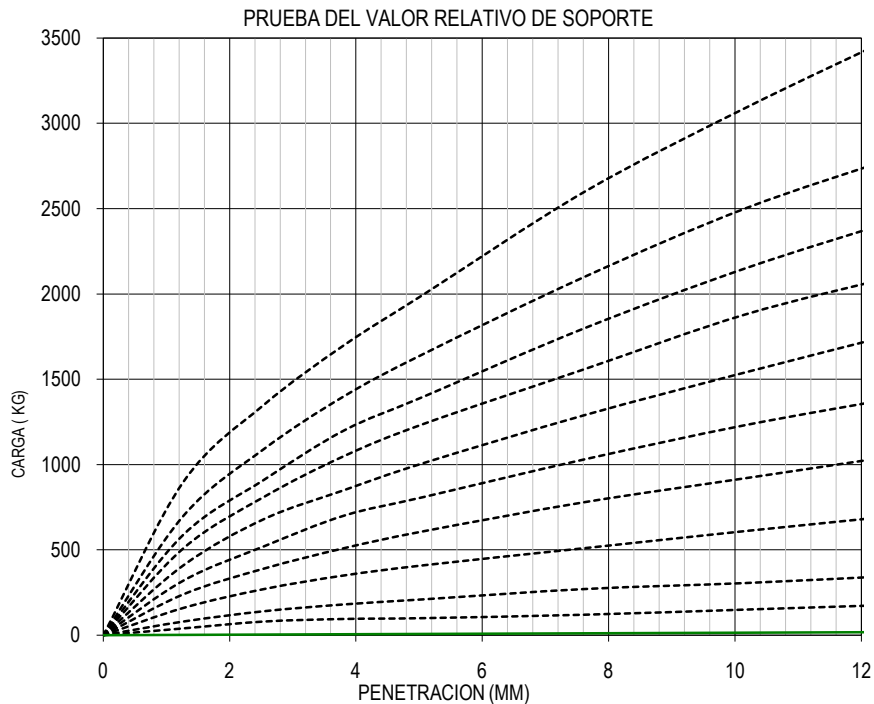


-VRS SUBRASANTE

VALOR RELATIVO DE SOPORTE DE SUBRASANTE				
MATERIAL	MH SUCS			
ENSAYE No.	1	SONDEO	1	FECHA 16/11/2010
TIPO DE OBRA	DISEÑO DE PAVIMENTO			
PROCEDENCIA.	BOULEVARD INDUSTRIAL, URUAPAN.			
ENSAYE:	1 SATURADO			CALIDAD DE LA MUESTRA
DEF. (MM)	LEC. (PULG)	CARGA (KG)	BUENA	
0.00	0.0000	0.00	VALOR RELATIVO DE SOPORTE	OBSERVACIONES Esta prueba fue realizada tomando como base los siguientes datos: PVSM. = 1120.00 kg/m <sup>3</sup> Wopt = 62.00 % (porcentaje) Datos obtenidos en la prueba AASHTO Modificada.
50.00	0.0008	62.48		
100.00	0.0019	154.11		
150.00	0.0024	195.76		
200.00	0.0027	224.91		
300.00	0.0038	312.38	VRS (%) 2a lectura	11.33
400.00	0.0040	329.04		
500.00	0.0045	370.69		

PRUEBA DE EXPANSIÓN

No	HRS.	ALTURAS		
		INICIAL	FINAL	EXPANSION
1	24 hrs	7.92	7.83	1.14
-	-	-	-	-



## VALOR RELATIVO DE SOPORTE DE SUBRASANTE

MATERIAL	MH SUCS		
ENSAYE No.	2	SONDEO	2
TIPO DE OBRA	DISEÑO DE PAVIMENTO		
PROCEDENCIA.	BOULEVARD INDUSTRIAL, URUAPAN.		
FECHA	16/11/2010		

ENSAYE:	2 SATURADO	
DEF. (MM)	LEC. (PULG)	CARGA (KG)
0.00	0.0000	0.00
50.00	0.0009	70.81
100.00	0.0016	133.28
150.00	0.0021	174.93
200.00	0.0025	208.25
300.00	0.0031	254.07
400.00	0.0034	283.22
500.00	0.0041	341.53

CALIDAD DE LA MUESTRA

BUENA

VALOR RELATIVO DE SOPORTE

VRS (%) 2a lectura 9.80

OBSERVACIONES

Esta prueba fue realizada tomando como base los siguientes datos:

PVSM. = 1040.00 kg/m3

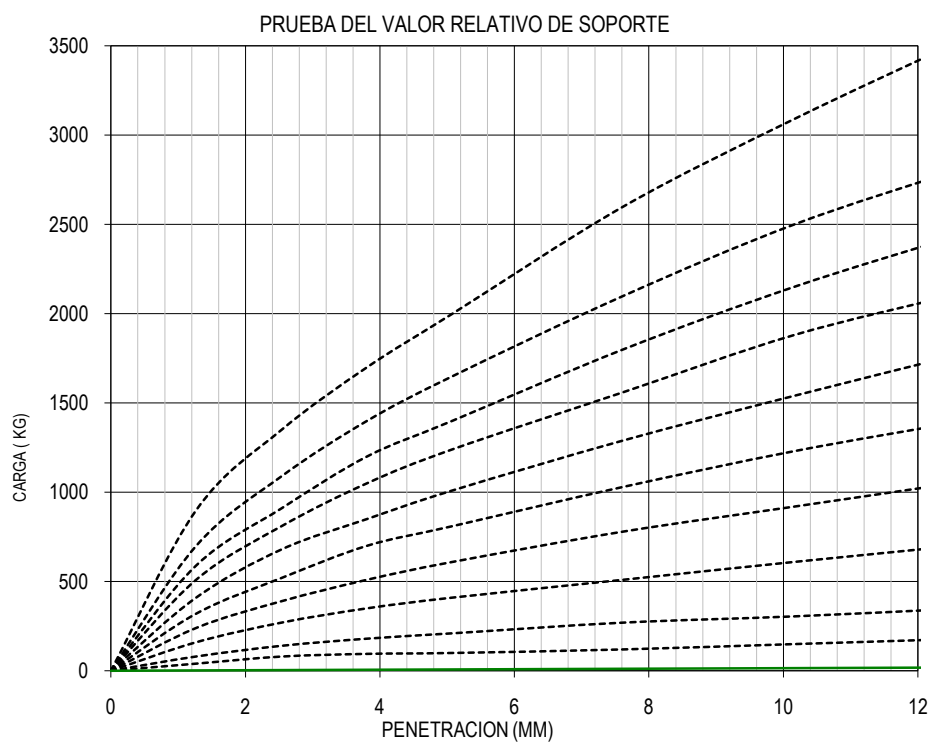
%

Wopt = 63.00 (porcentaje)

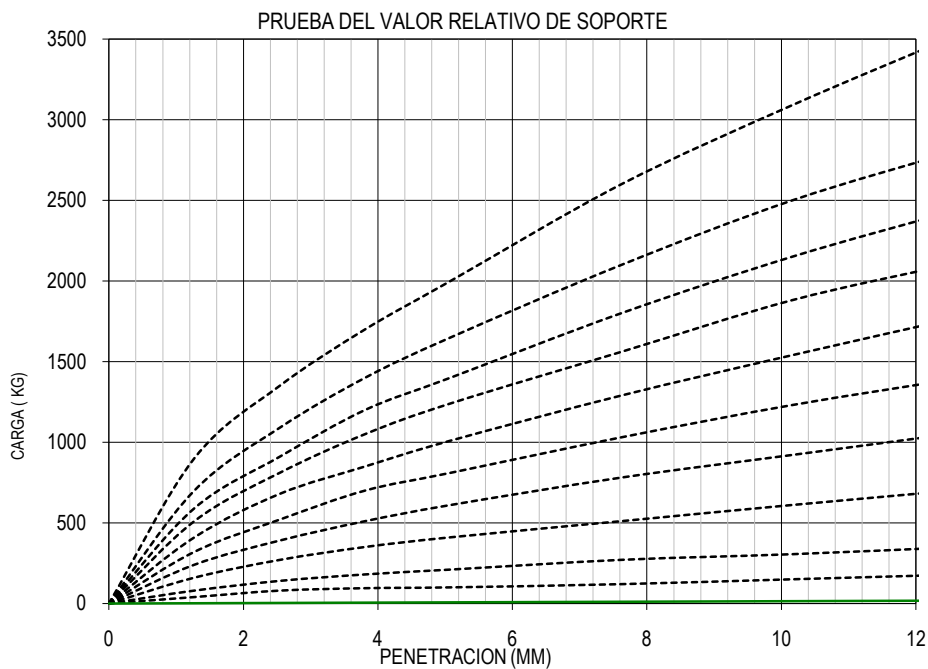
  

Datos obtenidos en la prueba AASHTO

PRUEBA DE EXPANSIÓN				
No	HRS.	ALTURAS		
		INICIAL	FINAL	EXPANSION
1	24 hrs	7.92	7.83	1.14



<b>VALOR RELATIVO DE SOPORTE DE SUBRASANTE</b>						
MATERIAL		OL SUCS				
ENSAYE No.	3	SONDEO	3	FECHA	16/11/2010	
TIPO DE OBRA	DISEÑO DE PAVIMENTO					
PROCEDENCIA.	BOULEVARD INDUSTRIAL, URUAPAN.					
<b>ENSAYE: 2 SATURADO</b>		<b>CALIDAD DE LA MUESTRA</b>		<b>OBSERVACIONES</b>		
DEF. (MM)	LEC. (PULG)	CARGA (KG)	<b>BUENA</b>			
0.00	0.0000	0.00	Esta prueba fue realizada tomando como base los siguientes datos:  PVSM. = 1040.00 kg/m3  Wopt = 63.00 % (porcentaje)  Datos obtenidos en la prueba AASHTO Modificada.			
50.00	0.0003	20.83				
100.00	0.0010	83.30				
150.00	0.0015	124.95				
200.00	0.0017	137.45				
300.00	0.0020	166.60				
400.00	0.0023	191.59				
500.00	0.0034	279.06				
					<b>VALOR RELATIVO DE SOPORTE</b>	
					VRS (%) 2a lectura	6.13
<b>PRUEBA DE EXPANSIÓN</b>						
No	HRS.	ALTURAS				
		INICIAL	FINAL	EXPANSION		
1	24 hrs	7.92	7.86	0.76		





## 5.2. Diseño de pavimento de concreto hidráulico.



Una vez obtenidos los datos del terreno natural (subrasante), se obtendrá el VRS promedio mismo que será agregado al VRS que tendrá la capa subbase.

- Datos de la Subbase:

El material de subbase debe ser como mínimo 75 % de roca triturada sana, cuando los ESAL'S sean menores a 10 millones de ejes equivalentes

- Espesor: 15 cm
- VRS: 80 % (de acuerdo a la Norma N-CTR- CAR - 1 - 04 - 002 de la S.C.T.) para ESAL'S  $\leq$  10,000,000.
- Modulo de subreacción del suelo (K) : 585.Pci

-Reporte del software de Cemex 2010:

	<b>Reporte de AASHTO</b>	
	DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO	
	Método AASHTO	

PROYECTO:	Boulevard Industrial Km 9+800 a Km 10+900
UBICACION:	Uruapan - Michoacán
FECHA:	11/3/2010 8:35:51 PM
DISEÑADOR:	Cristian Pérez Sepúlveda

### 5.2.1. Datos del pavimento.

Se considera que el pavimento cuenta con barras pasajuntas para la transferencia de carga, además de también considerar que el pavimento cuenta con soporte lateral.

DATOS DEL PAVIMENTO		UNIDAD
CONFIABILIDAD(R):	80	%
DESVIACION ESTANDAR (So):	0.35	-
MODULO DE RUPTURA DEL CONCRETO (MR):	602	Psi
MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec):	4063500	Psi
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):	2.7	-
MODULO DE SUBREACCION DEL SUELO DE APOYO (k):	585	Pci
COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd):	1.05	-
INDICE DE SERVICIO INICIAL (Po):	4.5	-
INDICE DE SERVICIO FINAL (Pt):	1.8	-

-Datos de Tránsito Vehicular:

DATOS DEL TRAFICO	
FACTOR DE SENTIDO (FS):	0.5
FACTOR DE CARRIL (FC):	0.6
TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA):	1546

Período de Aforo:	
Inicio:	12/11/2010
Fin:	20/11/2010

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL:	5 %
PERIODO DE DISEÑO:	25 Años

Tipo de Vehículo	Total Diario	%	% Cargados	% Vacíos
A2	1172.641	75.85	100	0
A'2	58.748	3.8	25	75
B2	18.552	1.2	65	35
B3	57.202	3.7	42	58
B4	7.73	0.5	27	73
C2	10.822	0.7	81	19
C3	30.92	2	62	38
C4	12.368	0.8	86	14
T2-S1	23.19	1.5	60	40
T2-S2	15.46	1	43	57
T3-S2	32.466	2.1	75	25
T3-S3	6.184	0.4	62	38
C2-R2	12.368	0.8	38	62
C3-R2	22.417	1.45	95	5
C3-R3	13.914	0.9	42	58
T2-S1-R2	7.73	0.5	37	63
T2-S2-R2	13.914	0.9	71	29
T3-S1-R2	6.184	0.4	60	40
T3-S2-R2	10.822	0.7	58	42
T3-S2-R3	5.411	0.35	85	15
T3-S2-R4	6.957	0.45	78	22

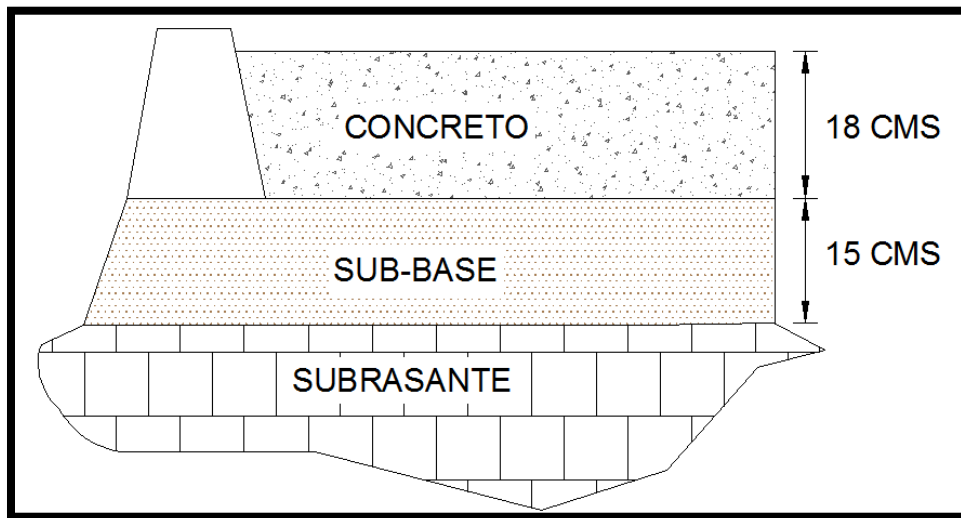
EJES SENCILLOS EQS. DE 18 KIPS: **6322368** ESALS

Nº	Tipo de Eje	Peso del Eje	Repeticiones al año	Repeticiones en la Vida Útil	ESALS
1	Sencillo	2.2	256808	12256701	3347
2	Sencillo	2.64	4825	230283	114
3	Sencillo	2.86	4825	230283	150
4	Sencillo	3.74	1608	76745	129
5	Sencillo	4.4	2808	134018	410
6	Sencillo	4.84	769	36702	161
7	Sencillo	4.9	975	46534	215
8	Sencillo	5.06	857	40902	213
9	Sencillo	5.1	975	46534	250
10	Sencillo	5.3	533	25439	159
11	Sencillo	5.5	271	12934	93
12	Sencillo	6.6	1065	50829	755
13	Sencillo	7.04	1016	48491	934
14	Sencillo	7.1	533	25439	507
15	Sencillo	7.48	2031	96934	2388
16	Sencillo	7.5	533	25439	633
17	Sencillo	7.7	2741	130820	3627
18	Sencillo	8.36	1608	76745	2982
19	Sencillo	8.8	9946	474694	22801
20	Sencillo	9.9	190	9068	712
21	Sencillo	12.1	20585	982462	179783
22	Sencillo	15.4	711	33934	17388
23	Sencillo	22	20498	978310	2311987
24	Tandem	6.6	884	42191	114
25	Tandem	7.04	256	12218	42
26	Tandem	7.26	168	8018	31
27	Tandem	7.7	1196	57082	269
28	Tandem	8.8	4025	192102	1489
29	Tandem	9.9	2293	109438	1328
30	Tandem	11	618	29495	538
31	Tandem	15.4	229	10930	766
32	Tandem	17.6	4251	202888	24619
33	Tandem	30.8	2859	136452	173605
34	Tandem	39.6	14248	680016	2514259
35	Tandem	39.7	4693	223983	837120
36	Tridem	11	257	12266	83
37	Tridem	17.6	190	9068	367
38	Tridem	49.5	1585	75647	218000

### 5.2.2. Espesor de pavimento.

Espesor de Pavimento: 6.98 in ( 17.75 cms)

Espesor Práctico : **18 cms.**



### 5.2.3. Modulaci3n de la losa de concreto.

Cemex recomienda la siguiente modulaci3n de la losa de concreto de acuerdo con el espesor obtenido siguiendo el criterio de ASSHTO:

- Separaci3n m3xima de juntas transversales: 4.05 m (4.0 m pr3ctico)
- Rango de separaci3n en juntas longitudinales: 3.0 a 4.5 m

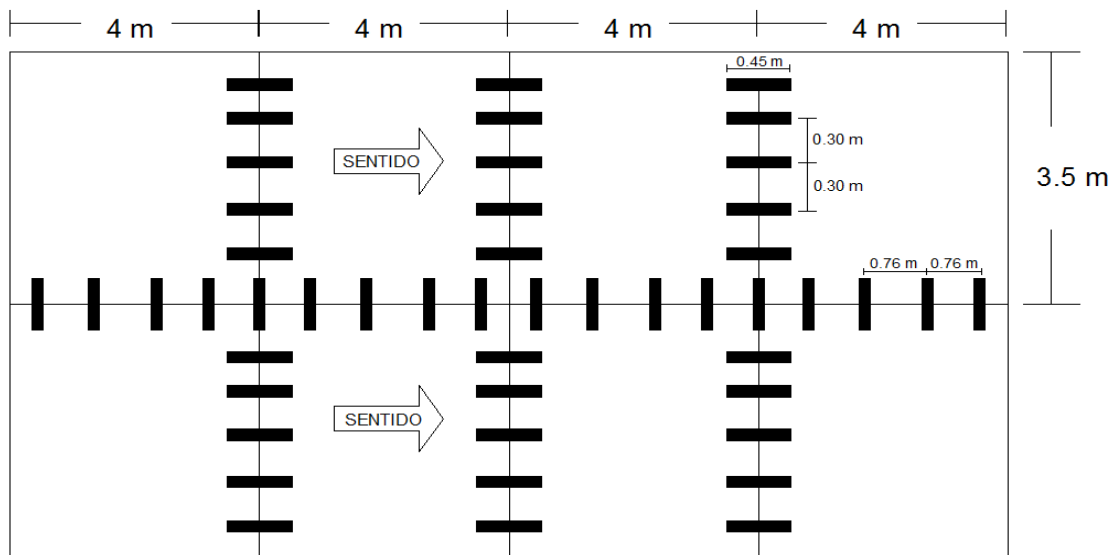
- Barras pasajuntas:

		PRACTICO
Di3metro:	1 in (2.54 cms)	2.54 cm
Longitud:	18 in (45.72 cms)	45 cm
Separaci3n:	12 in (30.48 cms)	30 cm

- Barras de amarre:

Espesor Pavimento (cms)	Diámetro (cms)	Longitud (cms)	Distancia al Extremo Libre (m)			
			3.05 m	3.66 m	4.27 m	7.32 m
hasta 14	1.27	64	76	76	76	64
hasta 18	1.27	71	76	76	76	51
hasta 21.6	1.27	79	76	76	71	41
hasta 25.4	1.5875	81	91	91	91	56
hasta 30.5	1.5875	91	91	91	79	46

- Croquis de modelado de la losa.



-Relación largo ancho debe estar entre 0.71 a 1.4:

$$L / A = 4 / 3.5 = 1.14$$

### 5.3. Interpretación de los resultados.

Los datos obtenidos del análisis marcan el resultado de la investigación teniendo como incógnita principal, la determinación del espesor de la estructura de pavimento rígido que se propone para el Boulevard Industrial del Km 9+800 al Km 10+900. Dentro del laboratorio de Mecánica de Suelos y con los datos recabados del sitio de la investigación se obtiene el tipo de suelo, predominando un Limo de color café; se obtuvo un valor relativo de soporte promedio de 9.087 %, el cual no cumple las características para utilizarse como material base, por lo tanto, se emplea una base granular con un VRS de 80 % como marcan las normas de la S.C.T. teniendo esta capa del pavimento un espesor de 15 cms.

La superficie de rodamiento que tendrá el pavimento será de concreto hidráulico de resistencia  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ , teniendo un espesor esta capa de 18 cms; debe contar con un refuerzo de acero (barras pasajuntas, varilla de 1 pulgada de diámetro) de 45 cm de largo (en cada junta a cada 4 m) y separadas entre sí a cada 30 cms en el lado corto (3.5 m).

El espesor del pavimento, obtenido del análisis es de 33 cms, siendo la base de 15 cm y la capa de concreto de 18 cms, colocadas y compactadas estas capas sobre la subrasante (terreno natural).

-Croquis de pavimento.

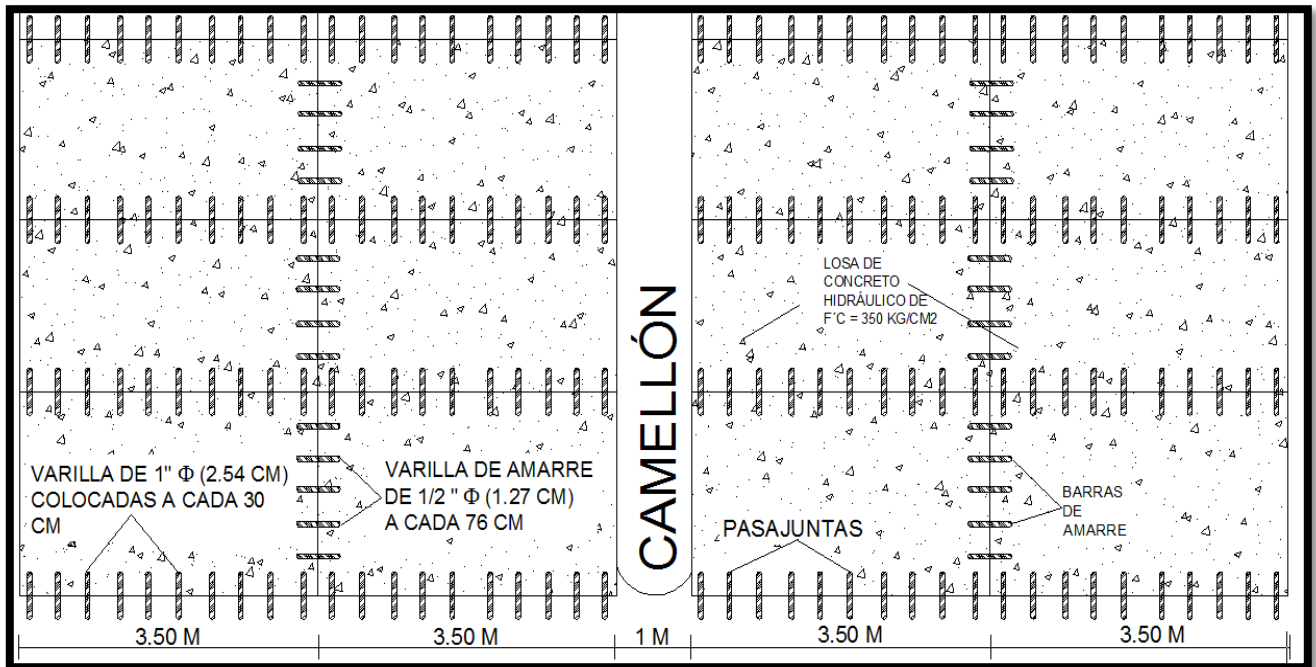


Figura 5.1. Losa de concreto hidráulico reforzada.

Fuente: Propia.

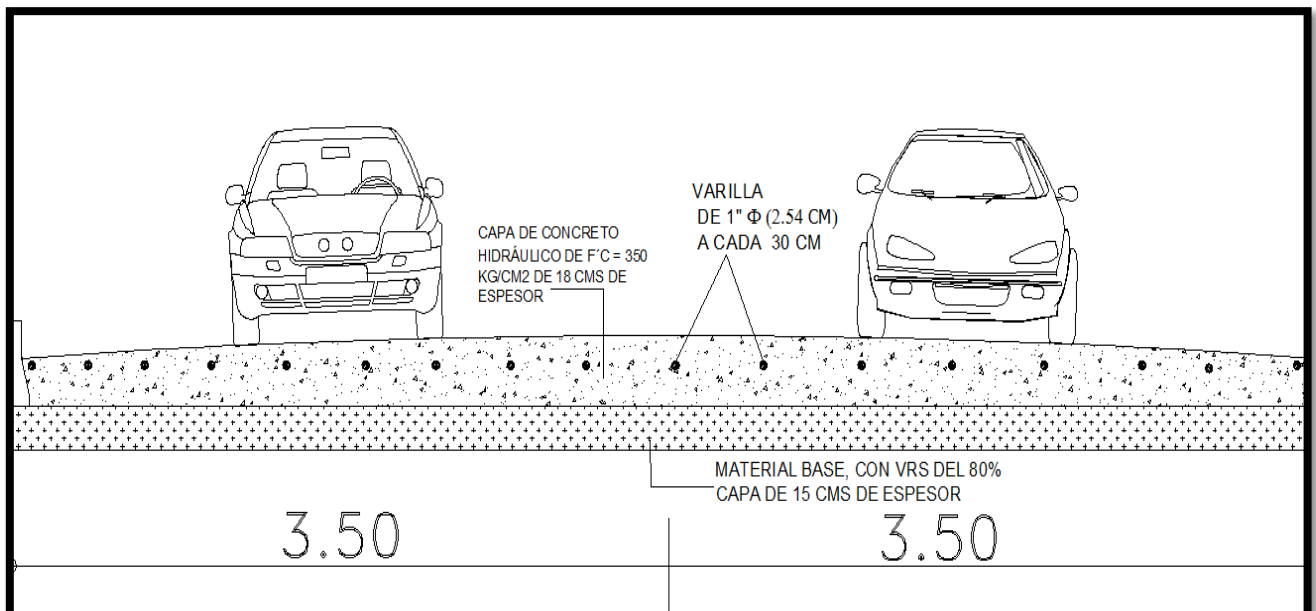


Figura 5.2. Corte transversal de estructura de pavimento.

Fuente: Propia.



## CONCLUSIONES

Un diseño de pavimento ya sea flexible o rígido, se realiza con la finalidad de obtener las capas de la estructura que conforman al pavimento teniendo los espesores indicados para recibir las cargas de tránsito, así como para determinar las características que deben poseer los materiales utilizados.

- Los pavimentos son una estructura formada por capas de materiales que tienen el objetivo de recibir las cargas de tránsito y transmitir las hacia el terreno donde está situada la capa subrasante. Principalmente se componen de 3 capas (flexibles) de diferente espesor; cuando la capa subrasante sea de buena calidad se puede omitir una capa y así disminuir el costo del pavimento.
- Los pavimentos pueden ser rígidos o flexibles, los primeros son aquellos donde la capa principal está realizada con concreto hidráulico, mientras que en los pavimentos flexibles esta capa es una carpeta de asfalto de 1, 2 y 3 riegos dependiendo del tipo de carpeta que se requiera.
- En la investigación desarrollada en el Boulevard Industrial del Km 9+800 al Km 10+900 en la ciudad de Uruapan, Michoacán, se realizó el diseño de pavimento rígido, quedando la estructura del pavimento con un espesor total de 33 cm a partir del terreno natural. La subbase tiene un espesor de 15 cm con un módulo de reacción en conjunto con la subrasante (K) de 585 Pci, con valor relativo de soporte (VRS) de 80%, mientras que la losa de concreto

hidráulico consta de un espesor de 18 cm con  $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$ . Siendo estas las dimensiones aceptadas para el volumen de tránsito vehicular obtenido de la zona en estudio.

- El método ASSHTO es uno de los procesos de diseño con mayor utilización, por lo que en la presente investigación este método es el utilizado en el diseño del pavimento rígido, además de tener una mayor aceptación en la comunidad de profesionistas que desempeñan la mencionada actividad.
- Los pavimentos rígidos son estructuras que por su misma composición de materiales son difíciles de que sean dañados en poco tiempo por los vehículos y agentes de intemperismo, por lo que el costo de mantenimiento es mínimo. El costo de la construcción de este pavimento suele ser muy alto, siendo este factor quien de inicio a que los pavimentos flexibles en México sean quienes predominen.
- Un pavimento rígido tiene la ventaja de que durante su vida útil es mínima su reparación, con lo que hace que el tráfico se interrumpa en menor cantidad de ocasiones, siendo este factor una de las problemáticas en el momento de dar mantenimiento a ciertas arterias urbanas que son de gran concurrencia automovilística.

- La vida útil de un pavimento es mayor cuando es rígido, ya que las losas que se construyen y reciben las cargas son más duraderas que las carpetas de asfalto que se aplican en los pavimentos flexibles; esto si en el momento de la construcción se tiene la supervisión adecuada para que las características de la estructura sean respetadas.
- La factibilidad de los pavimentos rígidos se da mediante la vida útil de la estructura del mismo, por lo que este elemento en un inicio no suele ser apreciado, siendo el tiempo quien marca este factor, dando en la mayoría de los casos que la inversión realizada hacia los pavimentos rígidos es una inversión que a largo plazo nos ahorra costos mayores por reparaciones que sufra el pavimento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bañón Blázquez, Luis (2010)  
Manual de Carreteras  
Edit. Universal, Chile.
- Crespo Villalaz, Ing. Carlos (1980)  
Vías de Comunicación.  
Edit. Limusa, México.
- Dittenhoeffer M., Marc (1999)  
Ingeniería de Tránsito  
Edit. Board Member, E.U.A.
- López Villanueva, Jorge Alberto (2008)  
Análisis comparativo del camino Jucutacato - Cutzato tramo del Km 0+000 al Km 3+500, Localidad de Jucutacato, Municipio de Uruapan, Mich.  
Tesis inédita de la escuela de Ingeniería civil, de la Universidad Don Vasco A.C., en la ciudad de Uruapan, Michoacán.
- Martínez Chávez, Octavio (2001)  
Diseño de Pavimento Flexible del camino Libramiento Oriente a la Colonia Manuel Pérez Coronado en Uruapan, Mich.  
Tesis inédita de la escuela de Ingeniería civil, de la Universidad Don Vasco A.C., en la ciudad de Uruapan, Michoacán.
- Merritt S. ,Frederick, et. al (2008)  
Manual del Ingeniero Civil , Tomo II  
Ed. McGraw Hill, E.U.A.
- Mier Suárez, José Alfonso (1987)  
Introducción a la Ingeniería de Caminos  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

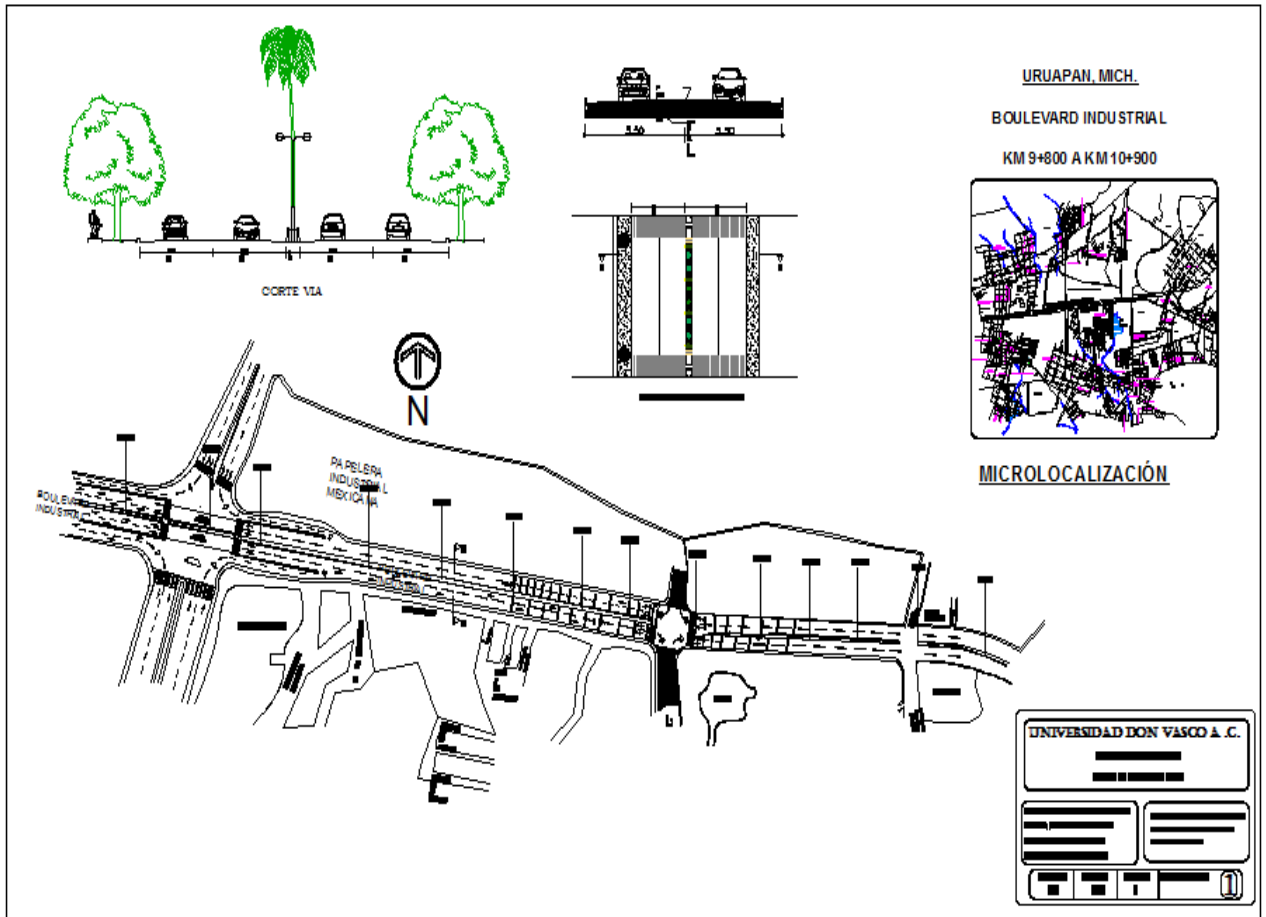
- Olivera Bustamante, Fernando (2006)  
Estructuración de Vías Terrestres.  
Compañía Editorial Continental, México.
  
- Paz Dávalos J. Antonio, Madrigal Alarcón César Ignacio (2003)  
Comparativo entre el diseño de Pavimento Asfáltico e Hidráulico para el  
proyecto Boulevard Paseo de la Revolución en Uruapan, Mich.  
Tesis inédita de la escuela de Ingeniería civil, de la Universidad Don Vasco  
A.C., en la ciudad de Uruapan, Michoacán.
  
- Salazar Rodríguez, Ing. Aurelio (2002)  
Guía para Diseño y Construcción de Pavimentos Rígidos  
IMCYC.
  
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes, (S.C.T.) (2010)  
Normas y manuales  
México.
  
- Secretaría de Obras Públicas de México (1975)  
Estructuración de pavimentos  
México.
  
- Tamayo y Tamayo, Mario (2000)  
El proceso de la Investigación Científica  
Edit. Limusa, México.

## Otras fuentes de información

- [www.cememexico.com](http://www.cememexico.com)
- [www.banxico.org.com](http://www.banxico.org.com)
- [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- [www.manualespdf.com](http://www.manualespdf.com)
- <http://www.cemexmexico.com/pavimentos/datosGrales/datosAashto.asp?idPRJ=24979>
- <http://normas.imt.mx/carr.htm>
- [Http://dgst.sct.gob.mx/fileadmin/viales-2010/16\\_michoacan.pdf](Http://dgst.sct.gob.mx/fileadmin/viales-2010/16_michoacan.pdf)

## **ANEXOS**

Anexo I





Anexo II

