



UNIVERSIDAD  
DON VASCO, A.C.

# UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727 - 15

a la Universidad Nacional Autónoma de México.

## Escuela de Ingeniería Civil

### DISEÑO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PAVIMENTACIÓN CON CONCRETO HIDRÁULICO DEL BOULEVARD INDUSTRIAL DEL KM 9+800 AL KM 10+900.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

**Michel Ramírez González.**

Asesor:

Ing. Guillermo Navarrete Calderón.

Uruapan, Michoacán, a 22 de Marzo del 2013.



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.

## INDICE

Introducción . . . . .	. 1
Antecedentes . . . . .	. 1
Planteamiento del problema . . . . .	. 2
Objetivos . . . . .	. 3
Pregunta de investigación . . . . .	. 3
Justificación . . . . .	. 3
Marco de referencia . . . . .	. 4
<b>Capítulo 1.- Vialidades . . . . .</b>	<b>. 6</b>
1.1.- Vialidades. . . . .	. 6
1.2.- Inventario de caminos. . . . .	. 7
1.3.- Elementos en la ingeniería de tránsito para la realización de un proyecto. . . . .	. 8
1.4.- Elementos del tránsito y clasificación de las carreteras . . . . .	. 9
1.5.- Velocidad, velocidad de proyecto, velocidad de operación, velocidad de punto y velocidad efectiva global. . . . .	. 12
1.6.- Volumen de tránsito, estudios de origen y destino, muestreos del tránsito, estaciones muestra y densidad de tránsito. . . . .	. 13
1.7.- Derecho de vía. . . . .	. 15
1.8.- Capacidad, nivel de servicio, volumen de servicio y objetivos de la capacidad. . . . .	. 16
1.9.- Factores que afectan la capacidad y el volumen de servicio . . . . .	. 17
1.10.- La visibilidad . . . . .	. 18

1.11.- Distancia de visibilidad de parada.	. . . . .	. 19
1.12.- Distancia de visibilidad de rebase.	. . . . .	. 20
1.13.- Distancia de visibilidad de cruce .	. . . . .	. 21
<b>Capítulo 2.- Pavimento asfáltico y Pavimento hidráulico.</b>	. . . . .	. 23
2.1.- Concepto de Pavimento asfáltico y Pavimento hidráulico.	. . . . .	. 23
2.2.- Pavimento asfáltico ( Flexible ).	. . . . .	. 24
2.2.1.- Características de los materiales pétreos.	. . . . .	. 26
2.2.2.- Contenido óptimo de asfalto, características de los productos asfálticos, rebajados asfálticos y emulsiones asfálticas.	. . . . .	. 27
2.3.- Tipos de carpetas asfálticas, carpetas por el sistema de riegos, carpetas asfálticas de mezclas en el lugar o en frio, contenido ópti- mo de asfalto para mezclas en el lugar o en frio, verificación de la calidad de mezclas elaboradas en el lugar e impermeabilización de carpetas.	. . . . .	. 30
2.4.- Pavimento hidráulico ( Rígido ).	. . . . .	. 33
2.4.1.- Elaboración del cemento Portland y tipos de cemento Portland.	. . . . .	. 34
2.5.- Factores en la resistencia del concreto, relación agua/cemento, relación agregado/cemento, aceleradores, retardadores de fragua- do, métodos de curado.	. . . . .	. 35
2.6.- Contracción y abultamiento, tipos de agrietamiento, durabilidad y ataque de sulfato.	. . . . .	. 38
2.7.- Suelo y agentes generadores de suelos.	. . . . .	. 39

2.8.- Fases del suelo, propiedades de los suelos, tipos de suelos, estructura de los suelos. . . . .	. 40
2.9.- Granulometría y clasificación de los suelos. . . . .	. 41
<b>Capítulo 3.- Resumen ejecutivo de Macro y Micro localización.</b>	. 44
3.1.- Generalidades del proyecto . . . . .	. 44
3.2.- Ubicación geográfica. . . . .	. 44
3.2.1.- Macro localización. . . . .	. 45
3.2.2.- Micro localización. . . . .	. 46
3.3.- Topografía regional. . . . .	. 47
3.4.- Geología regional, hidrología regional, clima y uso del suelo. . . . .	. 47
3.5.- Estado actual del camino, planteamiento de alternativas y alternativa de solución. . . . .	. 48
<b>Capítulo 4.- Metodología.</b>	. 52
4.1.- Método empleado. . . . .	. 52
4.2.- Enfoque de la investigación. . . . .	. 53
4.2.1.- Alcance. . . . .	. 53
4.2.2.- Diseño de la investigación. . . . .	. 54
4.3.- Instrumentos de recopilación de datos. . . . .	. 55
4.4.- Descripción del proceso de investigación. . . . .	. 57
<b>Capítulo 5.- Análisis e interpretación de resultados.</b>	. 58
5.1.- Proceso constructivo. . . . .	. 58

5.2.- Obras preliminares. . . . .	. 64
5.3.- Trazo y nivelación. . . . .	. 64
5.4.- Demolición de pavimento existente. . . . .	. 64
5.5.- Corte en caja y acarreo del primer kilómetro. . . . .	. 65
5.5.1.- Sobre acarreo en kilómetros subsecuentes. . . . .	. 66
5.5.2.- Subrasante. . . . .	. 67
5.6.- Base hidráulica. . . . .	. 68
5.6.1.- Concreto hidráulico. . . . .	. 70
5.7.- Guarniciones. . . . .	. 73
5.8.- Ranurado y material elastomérico en caliente. . . . .	. 73
5.9.- Banquetas. . . . .	. 74
5.10.- Camellones. . . . .	. 75
5.11.- Alumbrado. . . . .	. 75
5.11.1.- Tomas de agua para riego. . . . .	. 76
5.11.2.- Tierra vegetal. . . . .	. 76
5.11.3.- Pasos peatonales de adoquín. . . . .	. 76
5.11.4.- Vegetación. . . . .	. 76
5.12.- Señalamiento horizontal. . . . .	. 77
5.12.1.- Señalamiento vertical. . . . .	. 78
<b>Conclusiones.</b> . . . . .	. 81
<b>Bibliografía..</b> . . . . .	. 84

**Anexo**

## **DEDICATORIAS**

A dios, que me dio fortaleza y sabiduría para salir adelante.

A mis padres por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A mis profesores que supieron canalizar mi energía positivamente.

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

La necesidad de todo ser humano de transportarse de un lado hacia otro ha sido y seguirá siendo siempre una de las mayores prioridades en su vida. Algunas veces lo hará por necesidad, otras veces por diversión o simple y sencillamente por distracción. Lo que es una realidad es que los puntos de trabajo, los centros de comercio y hogares tendrán que ser recorridos por las personas durante todos los días de su vida. Por estas razones cotidianas las vías de comunicación terrestre son de suma importancia para todas las personas.

Anteriormente las vías terrestres en la ciudad de Uruapan, Michoacán, eran diseñadas para paso peatonal, caballos, carretas y automóviles de los cuales no eran muchos. Con el paso del tiempo fue disminuyendo el transporte anterior incrementándose en un gran número los vehículos y tráfico pesado, es por esta razón, por lo que las vialidades fueron tomando otro cauce, cambiando de avenidas de terracería a avenidas empedradas y consecuentemente a avenidas con concreto asfáltico el cual ha dado un buen servicio pero no el necesario para la situación vial que se vive en este momento actual. Es por esta razón que se diseñará el proceso constructivo de la pavimentación del Boulevard Industrial, el cual define el método empleado para llegar a la construcción de la obra siendo satisfactoria en su buen funcionamiento por los usuarios.

Actualmente en la Universidad Don Vasco existen varias tesis que hacen referencia a procesos constructivos de vías terrestres de las cuales hare referencia.

Una de ellas es la de Ricardo Estrada Hurtado, del año 2008, el cual elaboró su tesis con el título "Proceso constructivo de la estructura de pavimento del camino que conduce de Los Fresnos a Uringuitiro en el Municipio de Tancítaro, Michoacán".

Así mismo se encuentra la tesis de Hugo Alejandro Magaña Madrigal, del año 2008 que propuso la "Revisión del programa de ejecución de la obra del proceso constructivo del entronque "Caracha" km. 92+739 del camino Pátzcuaro-Uruapan".

También fue consultada la tesis de Armando Chapa Villagómez, del año 2008 que expuso "Análisis del proceso de construcción para el pavimento del tramo Zicuirán-Churumuco del km. 42+300 al km. 46+300, en el estado de Michoacán".

### **Planteamiento del problema.**

El constante crecimiento de la ciudad de Uruapan, Michoacán, da lugar a problemas que requieren solución. Este proyecto se originó debido al crecimiento vial, que genera el tránsito vehicular intenso el cual afecta la forma de vida de los habitantes. Al mismo tiempo, las cargas transmitidas por los automóviles generan daños a la superficie de rodamiento, esto se ha vuelto un problema ya que el camino existente no satisface las necesidades de los usuarios.

Actualmente el Boulevard Industrial es una arteria principal de la ciudad ya que conecta el este con el oeste de Uruapan. Dicho Boulevard tiene como superficie de rodamiento concreto asfáltico y debido al tránsito constante de autos, tráfico pesado y clima lluvioso generan una gran deformación de la superficie del asfalto, presentando baches constantemente generando un costo significativo al municipio por su mantenimiento año con año.

## **Objetivo.**

### **Objetivo general.**

El principal objetivo de este trabajo de investigación es elaborar una propuesta del proceso constructivo del Boulevard Industrial tomando en cuenta el beneficio que se obtendrá al término de la obra.

### **Objetivos particulares.**

- 1.- Definir que es un proceso constructivo.
- 2.- Señalar las normas de construcción que se aplicaran al proyecto.
- 3.- Establecer las ventajas del concreto hidráulico con respecto al concreto asfáltico.
- 4.- Mencionar el equipo y maquinaria requerida para la ejecución de la obra.
- 5.- Ilustrar los materiales que conforman un pavimento rígido.
- 6.- Explicar un pavimento rígido.

### **Pregunta de investigación.**

En este proyecto se pretende dar una confiable y clara respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál sería la propuesta de proceso constructivo de pavimentación idóneo para el tramo km 9+800 al km 10+900 del Boulevard Industrial en Uruapan, Michoacán?

### **Justificación.**

Cabe señalar que esta tesis se vuelve importante por el impacto que se reflejará en todos los usuarios que transitan por este Boulevard, además que habrá un beneficio económico ya que el municipio no estará erogando constantemente

recursos para el continuo mantenimiento que necesita, simplemente se dedicara a dar un mantenimiento de carácter preventivo y en algunos casos correctivo que será mínimo, no como se ha hecho hasta este momento.

Así mismo la presente tesis beneficiará en primera instancia al investigador ya que permitirá poner en práctica los conocimientos adquiridos durante mi adiestramiento profesional al momento de resolver un problema real y en segunda instancia a la sociedad que hace uso de la vialidad día con día.

### **Marco de referencia.**

Esta presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Uruapan, Michoacán, México, que se ubica al centro del estado de Michoacán con una elevación de 1600 mts. sobre el nivel del mar, su clima es templado húmedo.

El lugar de la investigación se hace nombrar Boulevard Industrial del tramo km. 9+800 al km. 10+900, sus coordenadas geográficas 19° 24' 56'' latitud norte y 102° 03' 46'' longitud oeste con respecto al Meridiano de Greenwich. Esta arteria es importante ya que conecta el oeste con el este de la ciudad como también es la entrada y salida de la autopista hacia Morelia, Querétaro, San Luis Potosí, Ciudad de México, etc.

El clima que se desarrolla en esta ubicación geográfica es excelente y benéfico para el desarrollo de la flora y fauna existente así mismo para la producción de una gran variedad de árboles frutales, vegetales y legumbres.

La economía de la ciudad de Uruapan se basa en el comercio y la industria. La industria del aguacate se ha convertido en una actividad de exportación internacional mundial generando un sustento económico en la sociedad uruapense.

Los negocios ubicados en la zona de estudio son tiendas comerciales, tiendas de materiales, una papelera industrial mexicana, deshuesaderos de autos, una fábrica de licor, una gasera, salones de eventos y negocios gastronómicos.

# CAPÍTULO 1

## VIALIDADES

En el presente capítulo se tratará lo referente a los antecedentes de los caminos, inventario de caminos, elementos en la ingeniería de tránsito para la realización de un proyecto, elementos del tránsito, velocidad, velocidad de proyecto, velocidad de operación, velocidad de punto, velocidad efectiva global, volumen de tránsito, estudios de origen y destino, muestreos del tránsito, estaciones muestra, densidad de tránsito así como lo referente al derecho de vía, capacidad, nivel de servicio, volumen de servicio y objetivos de la capacidad, factores que afectan la capacidad y el volumen de servicio, por último se concluirá describiendo la distancia de velocidad de parada, distancia de visibilidad de rebase y distancia de visibilidad de rebase.

### 1.1.- Vialidades.

Mier (1987) señala que la civilización Romana impulsó la construcción de caminos, es por este motivo que lograron el crecimiento de su imperio por la perfecta red de caminos que tuvieron. Tiempo después emigran los españoles a México los cuales se dan cuenta que desconocían el uso de la rueda para usarse en equipo de transporte y tampoco disponían de animales de carga y tiro, sin embargo, observaron que contaban con caminos, senderos, calzadas de piedra y veredas.

Menciona Olivera (2006), que a partir de la mitad del siglo XIX en México, empieza la construcción de vías férreas. La actividad ferroviaria tiene su mayor auge durante el gobierno de Porfirio Díaz. A partir del año 1925 inicia la construcción de

las principales vías con técnicas avanzadas los cuales iban de México a Veracruz, a Guadalajara los cuales fueron proyectados y construidos por firmas extranjeras (USA). A partir del año 1940 los ingenieros mexicanos se han encargado de la construcción en la infraestructura del país. A partir del año 1982 la Secretaria de Comunicaciones y Transportes es la dependencia encargada de los asuntos relacionados con los caminos, de la cual se desprenden las principales normas, especificaciones para los diseños y proyecto de construcción de redes carreteras de la República Mexicana.

## **1.2.- Inventario de caminos.**

A lo largo de muchos años, diferentes entidades de carreteras han estado efectuando inventarios de caminos, recopilando información de las características físicas, kilometraje y las condiciones de todas las carreteras. De acuerdo con Mier (1987) un inventario de caminos debe contener la siguiente información:

- a) Su clasificación funcional del camino.
- b) La clasificación por tipo de pavimento.
- c) Las dimensiones, el tipo y condición de todas las estructuras
- d) La ubicación de escuelas, viviendas rurales, centros comerciales, iglesias y otros lugares de interés.
- e) Las características del diseño físico que incluye pendientes, curvatura, ancho del pavimento, distancia de visibilidad de parada y otros obstáculos.
- f) Alineamiento horizontal y vertical, sección transversal y planta.

Uno de los métodos que se utiliza para la realización de un inventario de caminos es el Método odógrafo – giróscopo – barométrico ya que combina satisfactoriamente los requisitos de precisión, rapidéz y economía, es el levantamiento odógrafo – giroscópico de la planta del camino complementando el dibujo del perfil por medio de un sistema barométrico.

Los datos que se desean conocer para realizar el inventario de caminos son: perfil, planta del camino, itinerario, características de la superficie de rodamiento, configuración del terreno por el que se cruza, alineamiento horizontal y vertical, sección transversal, visibilidad, señalamiento, obras de drenaje, cruces y entronques con otras vías de comunicación y además datos que se consideren de importancia.

### **1.3.- Elementos en la ingeniería de tránsito para la realización de un proyecto.**

Mier (1987) señala que la ingeniería de tránsito es la rama encargada de estudiar el movimiento de vehículos y personas en calles y caminos con el objetivo de hacerlo de manera eficaz, seguro, rápido y libre.

El principal problema del tránsito es la gran diferencia que existe entre los vehículos y las vialidades ya que estos son cada día más modernos, así como en mayor cantidad con respecto a las vialidades son cada día más antiguos.

Con respecto al mismo autor se hace referencia de que existen tres tipos de soluciones al problema del tránsito:

- a) Solución integral: Consiste en construir un nuevo tipo de camino que sea adecuado para el vehículo dentro de un tiempo considerable de previsión. Deben planearse ciudades con un trazo nuevo, caminos en que se logre viajar más rápido y con

seguridad de acuerdo a las necesidades de los nuevos vehículos.

- b) Solución parcial de alto costo: Es la reconstrucción de los caminos ya existentes como pueden ser reconstrucción de pasos a desnivel, ampliación de carriles, mejoramiento de curvas verticales, etc. Se menciona que este tipo de obras requiere de una inversión considerable.
- c) Solución parcial de bajo costo: Esta propuesta consiste en aprovechar los recursos ya existentes del camino con el mínimo de obras materiales y la máxima regulación funcional de tránsito.

#### **1.4.- Elementos del tránsito y clasificación de las carreteras.**

Los elementos que integran el tránsito son tres: el usuario, el vehículo y el camino, a continuación se describirán cada uno de estos conceptos.

##### **El usuario:**

Son las personas consideradas como conductor y peatón, se toman por separado ya que las características en la corriente de tránsito son diferentes.

Conductor: “Es el medio humano que controla el movimiento del vehículo, siendo responsable de su buen manejo” (Mier 1987:23).

Peatón: Es el más expuesto a los accidentes, desconoce las características físicas de los vehículos y las restricciones del conductor.

##### **El vehículo:**

Se entiende así a cualquier medio de locomoción y sus características geométricas están determinadas por su radio de giro y sus dimensiones. El Manual

de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT (1991) clasifica a los vehículos de la siguiente forma:

- **Vehículos ligeros:** Son aquellos que tienen cuatro ruedas y dos ejes como lo son automóviles, unidades de carga ligera y camionetas.
- **Vehículos pesados:** Son autobuses y camiones de carga, tienen 2 o más ejes, 6 o más llantas.
- **Vehículos especiales:** Son remolques, maquinaria agrícola, tractores, coches deportivos, bicicletas etc.

#### **El camino:**

Concordando con Carlos Crespo (2004) se denomina caminos a las vías rurales y carreteras les dice a los caminos de características modernas destinadas al tránsito de un gran número de vehículos, por lo que se puede decir que la carretera es una franja sobre una superficie terrestre con condiciones de ancho, pendiente y alineamiento para proporcionar al vehículo un perfecto rodamiento.

El mismo autor comenta que las carreteras tienen una clasificación diferente en los distintos lugares del mundo, en México la clasificación coincide con otros países los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- a) **Camino pavimentado:** Cuando sobre la capa sub-rasante se ha puesto un mejoramiento de suelo llamado sub-base y consecutivamente la losa de concreto hidráulico o concreto asfáltico.

- b) **Camino revestido:** Cuando sobre la sub-rasante se ha colocado una o varias capas de material granular y puede ser transitable en cualquier tiempo del año.
- c) **Camino de terracería:** Cuando se ha construido la sección del proyecto hasta el nivel de sub rasante y de preferencia es transitable solo en tiempo de secas.

De acuerdo con las Normas Técnicas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, los caminos se clasifican de la siguiente manera:

### **TIPO \*A\***

Son caminos pavimentados, con dos carriles de circulación, acotamientos revestidos, cuentan con control parcial de accesos y entronques a desnivel. Son diseñados para transitar tráfico pesado.

### **TIPO \*B\***

Son caminos pavimentados, con dos carriles de circulación y cuenta con acotamientos revestidos, entronques a desnivel además cuenta con un control parcial de accesos.

### **TIPO \*C\***

Son caminos pavimentados, con dos carriles de circulación, están bajo jurisdicción de la administración estatal para su mantenimiento y construcción.

## **TIPO \*D\***

Son caminos pavimentados con características geométricas muy modestas. Cuenta con una capa de revestimiento de 20 cm. a 30 cm. de espesor.

## **TIPO \*E\***

Dentro de estos caminos existen los caminos revestidos y el llamado brecha. Se entiende por brecha a aquellas vías de comunicación improvisadas, habilitadas por los propios usuarios y no cuenta con obras de drenaje solo son transitables en ciertas épocas del año.

Los caminos revestidos son de terracerías y obras de drenaje elementales, los caminos rurales que quedan dentro de esta clasificación contienen una capa de revestimiento de 20 cm. de material de granulometría gruesa.

### **1.5.- Velocidad, velocidad de proyecto, velocidad de operación, velocidad de punto y velocidad efectiva global.**

Se entiende por velocidad a la rapidez con la que un vehículo se mueve de un punto con respecto a otro, la velocidad es un factor esencial para el proyecto de un camino, ya que su utilidad y buen funcionamiento se cataloga por la seguridad y rapidéz con lo que las personas, mercancías y servicios se trasladan.

Según Mier (1987) describe que se distinguen cuatro tipos de velocidad;

- a) Velocidad de proyecto.
- b) Velocidad de operación.
- c) Velocidad de punto.
- d) Velocidad efectiva global.

La velocidad de proyecto es la velocidad máxima a la que un vehículo puede trasladarse a lo largo de un tramo del camino con seguridad y esta depende primordialmente por la topografía, por el volumen de tránsito y por el tipo de camino.

Respecto a la velocidad de operación es la velocidad real con la que circulan los vehículos y muestra el grado de eficiencia que proporciona el camino, la velocidad de punto es la velocidad que lleva un vehículo cuando pasa por un punto en específico de un camino y se puede medir con las pistolas de radar que emiten un rayo laser, son muy utilizadas por las autoridades en las carreteras.

Se entiende por velocidad efectiva global a la velocidad promedio que mantiene un vehículo a lo largo de un tramo, se obtiene dividiendo la distancia total recorrida entre el tiempo empleado, también sirve para comparar la fluidez en ciertas rutas.

#### **1.6.- Volumen de tránsito, estudios de origen y destino, muestreos del tránsito, estaciones muestra y densidad de tránsito.**

El “Manual de Proyecto Geométrico” de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes dice que el volumen de tránsito es la cantidad de vehículos que pasan por un tramo de la carretera en un intervalo de tiempo dado, siendo los más usuales la hora (TH) y el día (TD).

Para determinar y ubicar los volúmenes de tránsito en los diferentes tramos de una carretera se realizan los siguientes estudios:

El estudio de origen y destino es necesario para conocer el movimiento del tránsito con respecto al punto de partida y termino del viaje, el método utilizado y más eficiente es mediante entrevistas personales pues son rápidas y describe un

punto intermedio del viaje de cada conductor entrevistado. En este estudio se registran las rutas de los diferentes tipos de vehículos y los pasajeros o productos que transportan por cada carril, así como las longitudes de recorrido.

Los muestreos del tránsito consiste en la instalación de estaciones de aforo, lo más conveniente es que estas capturen el tránsito representativo del tramo, pudiéndose obtener así el registro del tránsito promedio diario con base al periodo de una semana y arrojando como resultado un muestreo razonablemente cercano al tránsito promedio diario anual. El conteo que se realiza es por medio de contadores electromecánicos o manuales, registrando estos volúmenes cada hora, los califica vehículos ligeros, autobuses y vehículos pesados.

Las estaciones muestra son estaciones permanentes que cuentan con contadores automáticos, su finalidad es registrar el comportamiento y las variaciones del tránsito durante todo el año. Se encuentran dos tipos de contadores utilizados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes: Los eléctricos que registran durante un lapso de una hora el número de vehículos que cruzan por la estación, los neumáticos que detectan el número de ejes que pasan cuyas lecturas se llevan a cabo cada 24 horas.

Alfonso Mier (1987) define la densidad de tránsito como el número de vehículos ubicados en un tramo de cierto camino en un momento dado, este no se debe confundir con el volumen de tránsito ya que este expresa el número de vehículos que pasan en la unidad de tiempo.

## **1.7.- Derecho de vía.**

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

En México se estableció que el derecho de vía no debe ser menor de cuarenta metros, por consiguiente veinte metros de cada lado tomados al eje del camino, en casos especiales se puede aumentar o disminuir el ancho de vía, por ejemplo en una brecha de un carril de circulación o una autopista.

Se encuentran leyes para la adquisición del derecho de vía y está contemplada en la “Ley de Vías Generales de Comunicación” decretada el 30 de diciembre de 1939, dentro de la cual se establece lo siguiente:

### **ARTÍCULO 1°** Son vías generales de comunicación:

En los caminos:

- Cuando se entronquen con alguna vía de país extranjero.
- Cuando comuniquen a dos o más entidades federativas entre si.
- Cuando en su totalidad o en su mayor parte sean construida por la federación.

En los puentes:

- Los ya construidos o que se construyan sobre las líneas divisorias internacionales.
- Los ya construidos o que se construyan sobre las vías generales de comunicación.

- La construcción de puentes será previo permiso de la Secretaria de la Defensa Nacional y la Secretaria de Comunicaciones y transportes.

**ARTÍCULO 2°** Son parte integrante de las vías generales de comunicación:

- I. Los servicios auxiliares, obras, construcciones y demás dependencias y accesorios de las mismas.
- II. Los terrenos y aguas que sean necesarios para el derecho de vía y para el establecimiento de los servicios y obras a que se refiere la fracción anterior.

Los trámites y pagos de las afectaciones producidas por la liberación del derecho de vía se gestionará por medio del sector de asuntos jurídicos, el departamento por derecho de vía de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en donde se presentarán los documentos que avalen la legítima propiedad del afectado así como las afectaciones con precios unitarios establecidos por la propia Secretaria.

### **1.8.- Capacidad, nivel de servicio, volumen de servicio y objetivos de la capacidad.**

Retomando a Mier (1987) se entiende por capacidad de un camino como el número máximo de vehículos que pueden transitar por el, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del camino en un periodo de tiempo dado. Una de las condiciones prevalecientes para la capacidad de un camino son el alineamiento horizontal y vertical, la cantidad y el ancho de carriles. Mientras que el nivel de

servicio es la medida del efecto de la velocidad, el tiempo de recorrido, comodidad, seguridad y costos de operación, estos factores determinan condiciones diferentes en un camino cuando se presentan variaciones en el volumen de tránsito. El volumen de servicio se refiere al volumen de tránsito correspondiente de un determinado nivel de servicio el cual afecta de la siguiente manera:

Para un camino en terreno plano los vehículos pesados mantienen una velocidad similar a la de los vehículos ligeros, en caminos con lomerío los vehículos pesados bajan la velocidad con respecto a los ligeros y en camino montañoso los vehículos pesados reducen aun más la velocidad.

La capacidad de un camino permite dar solución a dos principales problemas:

- Cuando se trata del proyecto de una obra nueva, la capacidad influye de las características geométricas del nuevo camino.
- Cuando se requiere conocer las condiciones de operación de un camino existente.

### **1.9.- Factores que afectan la capacidad y el volumen de servicio.**

Mier (1987) expresa que en la mayor parte de los caminos se aplican factores de ajuste en condiciones ideales: estos dos factores se les denomina, factores relativos al camino y factores relativos al tránsito.

Los factores relativos al camino que se deben de tomar en cuenta son:

- Ancho de carril.
- Combinación de ancho de carril y distancia a obstáculos laterales.
- Obstáculos laterales.
- Acotamientos.

- Alineamiento.
- Estado de la superficie de rodamiento.
- Pendientes.

Los factores relativos al tránsito que se deben de tomar en cuenta son:

- Autobuses
- Camiones.
- Variaciones en el volumen de tránsito.
- Distribución de tránsito por carril.
- Interrupciones en el tránsito.

#### **1.10.- La visibilidad.**

De acuerdo con Luis Bañón (2010) cada sección de carretera ofrece al usuario una determinada visibilidad que depende de las dimensiones, forma y disposición de los elementos de trazo que conforman la vía. Para que dichas maniobras puedan realizarse de una forma segura se requiere de una visibilidad mínima que depende de la velocidad de los vehículos, así del que realiza la maniobra como de los que circundan y de la clase de maniobra. Las situaciones que requieren de especial visibilidad son:

- Evasión en una trayectoria de colisión con otro coche.
- Adelantamiento de un coche más lento.
- Detención de un coche de forma imprevista, ante un cruce, semáforo o en alguna zona de obras.

Aparte de la seguridad, la visibilidad debe de ser adecuadamente suficiente para que la conducción sea cómoda esto se consigue cuando el conductor percibe el tramo de vía de los próximos diez segundos ya que de esta forma dispone de tiempo para hacer una maniobra más suave en cualquier caso que requiera.

#### **1.11.- Distancia de visibilidad de parada.**

Luis Bañón (2010) expresa que la visibilidad de parada es la distancia a lo largo de un carril entre el vehículo y un obstáculo sobre la calzada, en trayectoria de colisión y de forma que dicho objeto no desaparezca de la visual del automóvil.

Con respecto a la SCT las recomendaciones de actualizaciones de algunos elementos del proyecto geométrico de carreteras (2004), el cálculo de la distancia de visibilidad de parada en la norma mexicana, reside en que la distancia se calcula para la velocidad de marcha, tomándose un promedio de 0.875 de la velocidad de proyecto. Estos mismos datos están plasmados en la tabla siguiente 1.1

**Comparativa de las distancias de visibilidad de parada (DVP) en la norma mexicana vigente contra los valores recomendados.**

<b>VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h)</b>	<b>DVP en la normativa vigente (m)</b>	<b>DVP recomendados (m)</b>	<b>Valores requeridos por los vehículos de carga con frenos convencionales (m)</b>
30	30	30	40
40	40	45	65
50	55	65	90
60	75	85	125
70	95	110	160
80	115	140	205
90	135	170	245
100	155	205	290
110	175	240	340

Tabla 1.1  
(Fuente: Manual de Proyecto Geométrico; 2004)

**1.12.- Distancia de visibilidad de rebase.**

Continuando con Luis Bañón (2010), la distancia de visibilidad de rebase la define como la distancia de rebase necesaria para que un conductor de un vehículo pueda rebasar a otro que circule por su mismo carril, sin el peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido opuesto a él.

Analizando las recomendaciones de actualizaciones de algunos elementos del proyecto geométrico de carreteras SCT (2004), el cálculo de la distancia de visibilidad en la normativa mexicana se considera en el cálculo como 4.5 veces la velocidad de proyecto. En la siguiente tabla 1.2 se agregan las distancias de visibilidad de rebase.

**Comparativa de las distancias de visibilidad de rebase (DVR) en la normativa mexicana vigente contra los valores recomendados según el modelo de maniobra de rebase de la AASHTO**

<b>VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h)</b>	<b>DVR en la normativa mexicana vigente (m)</b>	<b>DVR recomendados (m)</b>
30	135	200
40	180	270
50	225	345
60	270	410
70	315	485
80	360	540
90	405	615
100	450	670
110	495	730

Tabla 1.2  
(Fuente: Manual de Proyecto Geométrico; 2004)

**1.13.- Distancia de visibilidad de cruce.**

Luis Bañón (2010) expresa que la visibilidad de cruce es la distancia que percibe un vehículo para poder atravesar otra vía que cruza con su trayectoria y está determinada por la condición del conductor del vehículo que efectúa la maniobra pueda observar si se aproxima otro vehículo para así juzgar si este se encuentra a una distancia suficiente para que la maniobra pueda efectuarse bajo condiciones de seguridad.

Por lo explicado anteriormente ahora se tiene una mayor perspectiva de todo lo que engloba el concepto de visibilidad, cosa fundamental para la elaboración de un buen proyecto. Lo antes mencionado refleja el estudio y dedicación de este campo

de la ingeniería civil que se necesita para proyectar una eficiente obra que satisfaga las necesidades de los usuarios, cosa indispensable para las actividades cotidianas que todo ser humano necesita hacer día con día.

En el siguiente capítulo se tratará lo referente a pavimento asfáltico y pavimento hidráulico, su diferencia que existe con respecto a estos dos materiales así como sus ventajas, desventajas, características, dichos materiales son los que proporcionan la superficie de rodadura para las distintas vialidades.

## CAPÍTULO 2

### PAVIMENTO ASFÁLTICO Y PAVIMENTO HIDRÁULICO

A continuación se describirán conceptos generales del pavimento asfáltico y pavimento hidráulico. El concreto asfáltico comprende lo referente a características de los materiales pétreos, contenido óptimo de asfalto, características de los productos asfálticos, rebajados asfálticos, emulsiones asfálticas, tipo de carpetas asfálticas, carpetas por sistema de riegos, carpetas asfálticas de mezclas en el lugar o en frío y para terminar de describir el pavimento asfáltico se estudiará la verificación de la calidad de mezclas en el lugar e impermeabilización de carpetas.

Para tener una amplia visión del pavimento hidráulico es necesario tener claro los siguientes conceptos: elaboración del cemento Portland, tipo de cemento Portland, factores en la resistencia del concreto, relación agua/cemento, relación agregado/cemento, aceleradores, retardadores de fraguado, métodos de curado, tipos de agrietamiento, durabilidad y ataque de sulfato.

#### **2.1.- Concepto de Pavimento asfáltico y Pavimento hidráulico.**

El Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (2002) expresa que los pavimentos se clasifican en flexibles y rígidos. El comportamiento de dichos materiales al aplicarles carga es distinto.

En un pavimento rígido, por su superficie de rodadura se produce una mejor distribución de las cargas, es decir, más uniformemente finalizando en proporcionar a la superficie tensiones muy bajas en la capa de subrasante.

En un pavimento flexible, sucede totalmente lo contrario ya que la superficie de rodadura al tener menos rigidez se deforma más rápido esto se debe a que se producen mayores tensiones en la subrasante.

## **2.2.- Pavimento asfáltico ( Flexible ).**

El Manual del Ingeniero Civil (2008) expresa que todos los pavimentos de concreto asfáltico se diseñan como un sistema elástico de varias capas. Cada una de estas capas de material tiene propiedades específicas, diferentes que influyen sobre el desempeño global del pavimento asfáltico.

Cuando la rueda de un vehículo pasa por encima de la carpeta asfáltica, se somete a esfuerzos de compresión, la capa superficial de concreto asfáltico distribuye los esfuerzos hacia la capa base, la cual los transmite hacia las capas inferiores. Los esfuerzos de compresión siempre son máximos en la parte superior y van disminuyendo hacia la subrasante. “También existen esfuerzos horizontales debajo de la carga de la rueda. Estos varían desde los de compresión (arriba del eje neutro de la sección transversal del pavimento) hasta de tensión (debajo del eje neutro) “(Manual del Ingeniero Civil, sección 16.38).

El desempeño del pavimento flexible incluye el desempeño funcional como el desempeño estructural del pavimento. El desempeño funcional es la capacidad del pavimento para solucionar las funciones a las que está destinado, así como mantener una superficie lisa y uniforme para desplazarse. El desempeño estructural, es la capacidad del pavimento para soportar las cargas de los vehículos sin deformaciones permanentes excesivas, fallamiento, desmoronamiento del borde, agrietamiento, etc.

Por consiguiente un pavimento se diseña para distribuir las cargas aplicadas de los vehículos hacia la subrasante, esta debe de ser lo suficientemente resistente de soportar los esfuerzos actuantes resultantes. Es por esta razón que el desempeño del pavimento depende de las propiedades físicas y la condición del suelo de la subrasante.

Con respecto al Manual del Ingeniero Civil (2008) muestra los elementos que constituyen las capas de un pavimento flexible.

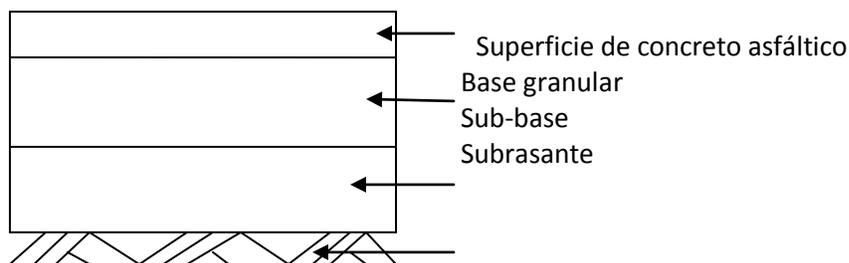


Figura 2.1 Componentes de un pavimento.  
(Fuente: Manual del Ingeniero Civil:2008)

Según el Manual del Ingeniero Civil (2008) los componentes primarios de un pavimento flexible describiendo de abajo hacia arriba son la subrasante, es la capa de terreno que soporta la estructura del pavimento flexible, esta capa puede estar formada por relleno o corte, una vez compactada esta superficie debe tener las pendientes especificadas del plano y las secciones transversales. El Manual para Diseño de pavimentos expresa que el espesor del pavimento dependerá en gran parte de la calidad del material de la subrasante por lo que esta tendrá que cumplir con los requisitos de incompresibilidad, resistencia, contracción por efectos de humedad e inmunidad a la expansión, por lo tanto el diseño de un pavimento flexible es el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

Sobre la subrasante sigue la subbase, esta consiste en una capa de material granular compactada, su diferencia con respecto a la base es que se sujeta a especificaciones menos estrictas respecto a la resistencia. Si la subrasante satisface los requisitos de una capa subbase se puede omitir esta última capa.

Después de la subbase se ocupe o no, sigue la base granular. El Manual del Ingeniero civil (2008) expresa que esta base está conformada por agregados como piedra triturada, arena, grava y escoria triturada o de una combinación de estos materiales. Las especificaciones de los materiales de esta capa son más estrictas que para los de la subbase.

Por último se coloca la carpeta asfáltica la cual está diseñada para soportar el tráfico anticipado, ofrecer una superficie lisa para transitar, proporcionar una superficie resistente al patinaje, resistir sus fuerzas de abrasión y limitar la cantidad de agua superficial que penetre en el pavimento flexible, para cumplir todas estas especificaciones la capa de concreto asfáltico debe de ser durable sin importar las temperaturas a las cuales va a ser sometido en el largo de su vida útil.

### **2.2.1.- Características de los materiales pétreos.**

Olivera Bustamante (2006) explica las características de los diferentes materiales pétreos para construir carpetas asfálticas y dice que son suelos inertes, que provienen de playones de ríos o arroyos, de minas o de rocas, los cuales requieren cribado y triturado para su uso en la obra.

Las características principales que deben tener estos materiales para carpetas asfálticas son las siguientes:

- 1) Granulometría.
- 2) Forma de la partícula.
- 3) Dureza.
- 4) Adherencia con el asfalto.

La granulometría es de vital importancia y requiere satisfacer las normas correspondientes ya que los materiales pétreos se cubren por completo con el asfalto, es por esta razón si la granulometría cambia, cambia toda la superficie a cubrir. La superficie por revestir resulta más afectada al disminuir o aumentar los finos que cuando hay un cambio en las partículas gruesas.

#### **2.2.2.- Contenido óptimo de asfalto, características de los productos asfálticos, rebajados asfálticos y emulsiones asfálticas.**

“El contenido óptimo de asfalto para una carpeta es la cantidad de asfalto que forma una membrana alrededor de las partículas” (Olivera 2006; 185), este tiene que tener el espesor suficiente para resistir el intemperismo y de esta forma el asfalto no se oxide con rapidez, es importante que no sea tan gruesa como para que la carpeta no pierda la resistencia o estabilidad y no sea capaz de resistir las cargas de los vehículos.

Es preferible que las partículas tengan la forma geométrica mas cúbica posible, esta es la razón por la que no deben utilizarse materiales que tengan una cantidad significativa de partículas en forma de aguja o de lajas ya que estos fragmentos tienden a romperse con facilidad cambiando su granulometría.

Las características de los productos asfálticos, también llamado cemento asfáltico, es uno de los últimos residuos de la destilación del petróleo, este estando a temperaturas normales es de color café oscuro y solido. Si se quiere mezclar con materiales pétreos, primero debe calentarse a 140 °C, para esto es necesaria una planta que realice este proceso. En la siguiente Tabla 2.2 se muestran las especificaciones correspondientes de los cementos asfálticos, el más empleado es el núm. 6

### Cementos asfálticos.

Características	Cemento asfáltico			
	Núm. 3	Núm. 6	Núm. 7	Núm. 8
Penetración, 100 g 5 s, 25° C, grados	180-200	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt-Furol:				
A 135°C, s, mínimo	60	85	100	120
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C mínimo	220	232	232	232
Punto de reblandecimiento, °C	37-43	45-52	48-56	52-60
Ductilidad, 25 °C, cm, mínimo	60	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la película delgada, 50 cm <sup>3</sup> , 5 h, 163°C:				
Penetración retenida, por ciento, mínimo	40	50	54	58
Perdida por calentamiento, por ciento, maximo	1.4	1	0.8	0.8

Tabla 2.2 Especificaciones para cementos asfálticos.

(Fuente: Olivera;2006:186)

La finalidad de trabajar con el cemento asfáltico a temperaturas menores, se requiere fluidificarlo, para esto se producen los rebajados y las emulsiones asfálticos.

Para la fabricación de los rebajados asfálticos es necesario diluir el concreto asfáltico en gasolina, diesel o aceites ligeros, tractolina (petróleo diáfano).

En primer lugar se obtienen los rebajados de fraguado rápido, designado FR, en segunda instancia se obtienen los rebajados de fraguado medio, designado FM, por último se obtiene el fraguado lento, designado FL. Estos tres diferentes rebajados asfálticos se producen con diferentes proporciones de cemento asfáltico que varia del (50 al 80%) y los respectivos solventes o “fluxes” del (50 al 20%). De esta forma se encuentran cinco tipos de cada rebajado y se numeran del 0 al 4, de los cuales los que tiene gran cantidad de cemento asfáltico son los de mayor designación, esta va disminuyendo al momento de aplicarle mayor contenido de solventes. Existe FL del 0 al 4, FM del 0 al 4 y FR del 0 al 4. Para que se pueda fabricar los rebajados asfálticos los materiales pétreos deben de estar bien secos para que haya una perfecta adherencia con el asfalto, caso contrario pasa con las emulsiones asfálticas.

Si se quiere obtener un producto asfáltico que se pueda mezclar o aplicar con materiales pétreos húmedos se fabrican las emulsiones asfálticas, en donde el cemento asfáltico se suspende en agua por medio de un estabilizador y un emulsificante. Con respecto al emulsificante usado se producen emulsiones catiónicas y aniónicas, de las cuales las emulsiones catiónicas resisten mayores humedades en los pétreos. Estas emulsiones también son de fraguado lento, medio y rápido conforme el porcentaje de cemento asfáltico que se le ponga.

**2.3.- Tipos de carpetas asfálticas, carpetas por el sistema de riegos, carpetas asfálticas de mezclas en el lugar o en frio, contenido óptimo de asfalto para mezclas en el lugar o en frio, verificación de la calidad de mezclas elaboradas en el lugar e impermeabilización de carpetas.**

En el campo se manejan tres tipos de carpetas asfálticas de las cuales se denominan:

- Por riego.
- Mezclas en el lugar.
- Concretos asfálticos.

Las carpetas por el sistema de riegos constan de varias capas sucesivas de pétreos y producto asfáltico sobre la base impregnada. El procedimiento para elaborar este tipo de carpeta se explica a continuación.

En la base impregnada, se inicia con un primer riego de material asfáltico, el siguiente paso se cubre con un riego de material pétreo grueso el cual es acomodado con una compactadora de rodillo liso de 10 ton., haciéndose tres cubrimientos de la superficie. Después se repite toda la operación anterior, con la restricción que el material pétreo debe ser de dimensiones menores que el usado anteriormente.

El siguiente paso es repetir la operación con el material pétreo más fino, el cual se da un riego de asfalto fluidificado regando el material pétreo acomodándose con un rodillo liso. Es recomendable dejar que fragüe el producto asfáltico una semana para que se evaporen los solventes. Es importante un barrido mecánico o manual para retirar el material fino que no esté adherido al resto de la estructura, es

de suma importancia este último proceso para evitar contratiempos en los usuarios ya que se pueden romper los parabrisas de los automóviles con las partículas que arrojan hacia atrás las llantas de los vehículos.

La carpeta construida según especificaciones se denomina de tres riegos, los materiales pétreos que se utilizan tienen granulometría uniforme, la gama de tamaños es corta. El material 1 es el más grueso, su gama de tamaños es de 25.4 mm a 6.35 mm. El material 2 es de tamaño intermedio que varía de 12.7 mm a 2.38 mm. y el material 3 el más fino de todos varía de 9.51 mm a 0.42 mm.

Existen carpetas de uno o dos riegos, su procedimiento de construcción es similar, únicamente se omite uno o dos de los ciclos antes mencionados. En la Tabla 2.3 se muestran las carpetas de 1, 2 o 3 riegos:

Carpeta	Materiales	1a. Capa (1/m <sup>2</sup> )	2a. Capa (1/m <sup>2</sup> )	3a. Capa (1/m <sup>2</sup> )
3 riegos	Cemento asfáltico pétreo	0.6-1.1 #1: 20-25	1.1-1.4 #2: 8-12	0.7-2.0 #3: 6-8
2 riegos	Cemento asfáltico pétreo	0.6-1.0 #2: 8-12	0.8-11 #3: 6-8	
1 riegos	Cemento asfáltico pétreo	0.6-1.0 #3: 8-11		

En la tabla anterior se muestra las cantidades de material pétreo y cemento asfáltico que se recomiendan para construir carpetas por el sistema de riegos. Para conocer la cantidad de asfalto rebajado o emulsificado, la cantidad aceptada de cemento asfáltico se divide entre el porcentaje de este material contenido en el producto asfáltico y es el resultado de una prueba de destilación.

Tabla 2.3 Carpeta asfáltica de 1, 2 o 3 riegos.

(Fuente: Olivera; 2006:191)

Para la elaboración de mezclas asfálticas en el lugar, es necesario utilizar materiales pétreos de granulometría continua, el material pétreo se necesita mezclar a temperatura ambiente y es posible utilizar para la mezcla rebajado asfáltico FR-3, la cual se calienta a la temperatura adecuada o emulsión de fraguado medio. Para su mezcla es posible efectuarla con mezcladoras semifijas o moto conformadoras.

Respecto al contenido óptimo de asfalto para mezclas en el lugar o en frío se realiza con el contenido mínimo de asfalto de cubrimiento total (CMCT) se obtiene en forma objetiva, por medio de pruebas o de manera analítica. De esta forma una muestra de material pétreo se le agrega y mezcla emulsión o rebajado asfáltico según sea su uso, esto se hace hasta el momento en que todas las partículas se cubren, en este momento la película de asfalto es muy delgada sobre todo en las partículas más gruesas ya que estas son las últimas que quedan cubiertas en su totalidad.

La verificación de la calidad de las mezclas elaboradas en el lugar se refiere a conocer el contenido de asfalto y el peso volumétrico, que se alcanza en la compactación, para esto es necesario conocer con anticipación la granulometría del material y porcentaje de solvente que se encontraba antes de la compactación.

Por último es muy importante revisar el control de compactación y temperatura, así mismo hay que regular la cantidad de asfalto en la mezcla junto con la granulometría del material pétreo. Después de dos o tres días de compactada la mezcla se realiza la prueba de permeabilidad. Una carpeta asfáltica tiene que ser impermeable, cuando una carpeta no cumple esta especificación se debe sellar superficialmente aplicando un mortero asfáltico o un riego de sello.

#### **2.4.- Pavimento hidráulico ( Rígido ).**

Olivera (2006) expresa que los pavimentos rígidos son losas de concreto hidráulico puestas sobre la sub-base, la cual es la que proporciona la superficie de rodamiento a los vehículos. El concreto hidráulico se caracteriza por ser un material pétreo artificial, para su elaboración es necesario mezclar agua y cemento Portland con grava y arena, su proporcionamiento de dichos materiales es necesario para dar su resistencia y densidad deseada de la mezcla. Un aspecto muy importante en las arenas y gravas que hay que observar es:

- Plasticidad
- Sanidad
- Granulometría
- Forma de la partícula
- Dureza

Respecto a la plasticidad, la arena y la grava deben de ser materiales inertes, esto se refiere a que se necesita un índice plástico y una contracción lineal de 0. Así mismo se debe de cumplir con las normas de interperismo acelerado y desgaste. De esta forma se asegura su dureza y durabilidad.

Considerando la forma de las partículas, es preferible que sean lo más ásperas posible, ósea que tengan un elevado valor de fricción ya que esta es la forma para que tenga una buena adherencia con el agua-cemento. A diferencia de las partículas redondeadas no sucede lo anterior mencionado es por eso que los materiales provenientes de ríos o arroyos no cumplen las especificaciones mencionadas.

Es muy importante conocer la granulometría del terreno para garantizar la resistencia y densidad del concreto endurecido, el cemento Portland requiere cumplir los requisitos físicos y químicos, es por esta razón que los cementos almacenados en sacos por más de tres meses o seis meses a granel, después del último reporte deberán analizarse nuevamente para verificar sus características.

Es común y viable emplear aditivos para concreto, existe a la venta para diferentes necesidades ya sea para acelerar o retardar la resistencia, también reducir la cantidad de agua y que no disminuya la fluidez.

#### **2.4.1.- Elaboración del cemento Portland y tipos de cemento Portland.**

De acuerdo con Neville, A. M. (1998) el cemento Portland se obtiene por la mezcla de materiales arcillosos y calcáreos así como otros materiales que se asocian con alúmina, óxido de hierro y sílice, que se calientan a temperatura que provoque que se formen escoria, para finalmente moler el producto resultante. Su proceso de manufacturación consiste en moler la materia prima hasta que se logre un polvo bien fino, mezclarse en proporciones y quemarlas en un horno rotatorio con una temperatura aproximadamente de 1400 °C (2550 °F) dicho material se pega y se funde parcialmente hasta que se convierte en escorias, la escoria se enfría y se muele hasta convertirse en un polvo fino al cual se le agrega un poco de yeso.

El cemento Portland común (tipo I) es el cemento más utilizado en las construcciones en las cuales no hay exposición a sulfatos presentes en el agua del subsuelo o en el suelo. También se puede encontrar el cemento modificado (tipo II) dicho cemento es recomendable para estructuras que puedan ser afectadas por un ataque moderado de sulfato o si se desea una baja generación de calor.

Existe el cemento Portland de endurecimiento rápido (tipo III) el cual es utilizado para cimbras que se requieren mover pronto con fin de reutilizarla. Es factible utilizar este cemento cuando se requiera tener rápidamente una resistencia que sea suficiente para una construcción ulterior. Este cemento no es recomendable para construcciones masivas de concreto, tampoco en grandes secciones estructurales por su alto índice de desarrollo de calor. Otro punto a favor es que se puede emplear en construcciones a bajas temperaturas ya que este cemento puede dar un margen de seguridad contra daños por congelamiento temprano. Así mismo el cemento Portland de bajo calor (tipo IV) suele emplearse en grandes represas de gravedad el cual tiene un bajo calor de hidratación.

Si se requiere se puede emplear el cemento resistente al sulfato (tipo V) el cual contiene una composición especial de materias primas para evitar el ataque del sulfato. El cemento Portland de alto horno (tipo IS) que es muy usado en masa de concreto ya que tiene un bajo calor de hidratación, se recomienda en construcciones marinas porque contiene una alta resistencia al sulfato.

## **2.5.- Factores en la resistencia del concreto, relación agua/cemento, relación agregado/cemento, aceleradores, retardadores de fraguado, métodos de curado.**

En la práctica, un factor que se considera primordial y que influye en la resistencia del concreto es la relación agua/cemento, temperatura, grado de compactación, por lo que cabe mencionar que hay otros factores que afectan su resistencia como lo es (relación agregado/cemento, su calidad del agregado, textura superficial, rigidez, forma y resistencia), así como el tamaño máximo del agregado,

los cuales se consideran de importancia secundaria cuando se requieren agregados usuales hasta un tamaño máximo de 40 mm.

Es necesario recalcar que la resistencia del concreto depende de la relación agua/cemento, la cual debe calcularse con base en el agua de la mezcla menos el agua absorbida por el agregado, de esta forma hay que suponer que el agregado use una parte del agua total y así poder alcanzar la condición saturada y superficie seca en el momento que se realiza la mezcla. El volumen total de hueco en el concreto es parte fundamental que la relación agregado/cemento, es apreciable que si la pasta presenta una cantidad del volumen de concreto (cuando es el caso de una mezcla pobre) la porosidad del concreto es más baja, por consiguiente su resistencia resulta mayor.

Los aceleradores son insumos que aceleran el endurecimiento y desarrollo de la resistencia inicial del concreto. Se debe recalcar que hay otro tipo de ingredientes que son usados para la aceleración del fraguado del concreto, estos reducen el tiempo de fraguado. Un ingrediente usado para este caso de fraguado rápido es el carbonato de sodio, el cual es utilizado para concreto lanzado, afectando su resistencia pero hace posible el trabajo de reparación. Otros ingredientes que son utilizados son en el fraguado acelerado son el aluminato de sodio, el carbonato de potasio, el fluoruro de sodio, el cloruro de aluminio y las sales férricas de los cuales ninguno se debe usar sin un buen estudio de todas las consecuencias.

Respecto a los retardadores de fraguado son ingredientes que retrasan el fraguado en el concreto, los cuales son necesarios cuando se fábrica concreto en clima con temperatura elevada ya que el tiempo normal de fraguado se reduce por dicha temperatura alta, también es útil en la prevención de formación de juntas frías

entre capas sucesivas. Para obtener un efecto de retardación es necesario adicionarle derivados de carbohidratos, boratos solubles, sales de cinc solubles, azúcares y demás. A un concreto que se le aplica un retardador se compara con un concreto libre de ingredientes, el concreto con retardador, reduce su resistencia inicial, pero al aumentar los días de fraguado se eleva el nivel de desarrollo de su resistencia, de esta forma su resistencia a largo plazo no es tan diferente.

De esta forma sólo se presentará un panorama general de distintos medios para el curado del concreto, el motivo principal de que los procedimientos varíen depende del tamaño, condiciones del sitio, la posición del concreto y su forma. Si se está tratando con miembros de concreto que tienen una relación superficie/volumen pequeña, su procedimiento de curado puede ayudarse humedeciendo y aceitando las formas antes de que se efectuó el vaciado. Cuando son superficies extensas de concreto, por ejemplo en autopistas y se desea evitar la cuarteadura de la superficie es necesario prevenirse antes del endurecimiento del concreto, su pérdida de agua, para esto es necesario poner encima del concreto una cubierta adecuada que tape la superficie, este modo de protección se requiere principalmente en clima seco y también es útil en climas lluviosos para que así se evite estropear la superficie del concreto fresco. Si se está hablando de un concreto de alta resistencia se debe curar a una etapa temprana y una hidratación parcial puede ocasionar capilares discontinuos.

## **2.6.- Contracción y abultamiento, tipos de agrietamiento, durabilidad y ataque de sulfato.**

La contracción en el concreto hidráulico es causada debido a la pérdida de agua por el fenómeno de evaporación, también por la hidratación del cemento y por carbonatación. Su reducción en el volumen (deformación volumétrica) es igual a tres veces la contracción lineal, al momento de su aplicación se mide la contracción como una deformación lineal y sus unidades son mm. por mm. Cuando se genera la contracción esta induce esfuerzo a la tensión en las capas expuestas mas a la superficie ya que están restringidas por el concreto interior que aun no se contrae. El concreto en su estado plástico es muy débil, por este motivo se puede producir rápidamente el agrietamiento plástico de la superficie. Cuando su contracción plástica es relativamente mayor, esto significa que fue mayor el porcentaje de evaporación del agua, este mismo depende del aire, de la temperatura del concreto, de la velocidad del viento y de la humedad del aire.

Es importante estudiar los diversos tipos de agrietas que se generan en el concreto, las cuales hay de tres tipos: grietas plásticas, grietas térmicas prematuras y grietas de contracción por secado. La forma en que se desarrollan las grietas plásticas es antes de que el concreto haya endurecido, ó sea entre una y ocho horas después que se realizó el colado. Las grietas térmicas prematuras se originan por una rápida evaporación de la mezcla, esto generalmente sucede en climas cálidos. El tercer tipo son las grietas de contracción por secado las cuales en grandes secciones son inducidas por esfuerzos de tensión, esto es debido a la restricción interna que se causa por la contracción diferencial entre el interior del concreto y la superficie del mismo.

Una de las propiedades más importantes a través de la vida de una estructura de concreto hidráulico es la durabilidad y debe de ser esencial que sea capaz de resistir las condiciones para las cuales fue diseñado. Las causas que originan la falta de durabilidad puede ser causado por agentes internos dentro del concreto o por agentes externos en el ambiente que lo rodea. Sus causas se clasifican en mecánicas, químicas y físicas. En referencia a las causas físicas proviene de la acción de congelación, otro factor es la diferencia entre las propiedades térmicas del agregado, así como la pasta de cemento. Respecto a las causas mecánicas están relacionadas principalmente con la abrasión.

Cuando el concreto es atacado por sulfatos, este tiene una apariencia blanquecina, el daño generalmente inicia en las esquinas y los bordes consecutivamente inician las grietas y astillamientos del concreto.

## **2.7.- Suelo y agentes generadores de suelos.**

De acuerdo con Juárez Badillo (2008) el suelo representa todo material terroso, en su forma más simple podría ser un relleno de desperdicio hasta arenisca parcialmente cementadas, dejando totalmente fuera las rocas sanas, metamórficas o ígneas así como los depósitos sedimentarios altamente cementados que no se desintegren rápidamente o ablanden por la acción de la intemperie.

Los diferentes procesos que dan lugar a la alteración de las rocas son la descomposición química, esta ocurre en presencia de agentes que atacan las rocas modificando su constitución química o mineralógica, en cuanto a la desintegración mecánica se refiere a la intemperización de las rocas por agentes físicos como

cambios de temperatura, congelación del agua, efectos de los organismos, plantas. Estos fenómenos hacen que las rocas cambien a arenas así como limos.

## **2.8.- Fases del suelo, propiedades de los suelos, tipos de suelos, estructura de los suelos.**

Continuando con Juárez Badillo (2008) en un suelo se aprecian tres fases que lo constituyen, su fase gaseosa, líquida y sólida. La fase gaseosa es todo el aire que se encuentra entre las partículas, sub fase líquida es el agua que contiene y su fase sólida está compuesta por las partículas minerales del suelo.

Concordando con Carlos Arias (1986), las principales propiedades de un suelo son:

- Permeabilidad: Es la facilidad en la que el agua fluye a través del suelo.
- Compresibilidad: Es la deformación que tiene el material al aplicarle una carga.
- Resistencia al corte: Se refiere al esfuerzo cortante máximo resistente.

Así mismo se tienen dos tipos de suelos; El suelo residual, es el suelo que permanece en el sitio donde fue formado y el suelo transportado, es el suelo que se forma por el producto de la alteración de las rocas removidas o depositadas en diferentes sitios de origen de los cuales se les conoce como:

- Suelos aluviales: Son suelos transportados principalmente por el agua.
- Suelos lacustres: Suelos que son acarreados en un río.
- Suelos eólicos: Suelos que se acarrean y depositan por el viento.

- Depósitos de pie de monte: Estos suelos son formados por el acarreo de la gravedad, su constitución es principalmente de fragmentos de roca, limos, arenas, gravas y arcillas.

Retomando a Carlos Arias (1986) la estructura de un suelo se conoce como la ubicación, arreglo y orientación. Según estos pueden ser gruesos o finos cuyo tamaño esta dentro de:

7.6 cm. > suelos gruesos > 0.074 mm. (Malla No. 200) > suelos finos

NOMBRE	LIMITES DE TAMAÑO	EJEMPLO VULGAR
Bolero	305mm (12 plg) o mayores	Mayor que una pelota de balón-cesto
Canto Rodado	76 mm (3 plg) a 305 mm (12 plg)	Toronja
Grava Gruesa	19 mm (3/4 plg) a 76 mm (3 plg)	Limón o Naranja
Grava Fina	4.76 mm (T. No. 4) a 19 mm (3/4 plg)	Chícharo o Uva
Arena Gruesa	2 mm (T. No. 10) a 4.76 mm (T. No. 4)	Sal Mineral
Arena Mediana	0.42 mm (T. No. 40) a 2 mm (T. No. 10)	Azúcar o Sal de Mesa
Arena Fina	0.074 mm (T. No. 200) a 0.42 mm (T. No. 40)	Azúcar en Polvo
Finos	Menores que 0.074 mm (T. No. 200)	

Tabla 2.4 Propiedades y características de diferentes suelos gruesos y finos.  
(Fuente: Carlos Arias; 1986:02)

## 2.9.- Granulometría y clasificación de los suelos.

Carlos Arias (1986) señala que dentro de la mecánica de suelos la granulometría es la parte que nos clasifica la distribución y tamaños de las diferentes partículas de un suelo.

Para determinar un suelo grueso, se realiza el análisis granulométrico el cual tenga un rango de tamaño entre 0.074 y 76 mm., por lo tanto un suelo grueso bien graduado tendrá un comportamiento mecánico e hidráulico más favorable.

Si se quiere determinar un suelo fino en donde sus partículas son menores a 0.074 mm., se utilizará el procedimiento denominado hidrómetro ya que no existen mallas menores que la del No. 200.

Existen antecedentes en la mecánica de suelos que para la clasificación de los suelos, uno de los criterios es el de A. Casagrande, el cual es conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS).

Este método distingue los suelos finos de los gruesos, de acuerdo con las partículas finas que atraviesan la malla No. 200 (0.074 mm.), se tomará en cuenta que el suelo se le denomina grueso si más del 50 % de sus partículas son gruesas, por consiguiente el suelo es fino si más de la mitad de sus partículas son finas.

La clasificación SUCS considera dos grupos, los cuales son asignados con dos letras mayúsculas:

- G      Gravas.
- S      Arenas y suelos arenosos.

Dentro de los suelos gruesos, como las gravas y arenas están determinados por la siguiente clasificación:

- W      Material limpio de finos, bien graduados.
- P      Material limpio de finos, mal graduados.
- M      Material con finos no plásticos.
- C      Material con finos plásticos.

En los suelos finos, el sistema SUCS hace referencia a la carta de plasticidad, la cual obtiene las siguientes divisiones:

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

En base a la clasificación del sistema unificado de los suelos, de los dos grupos de suelos gruesos y del grupo de suelos finos, estos símbolos a su vez dan lugar a grupos de combinación entre ellos como lo muestra el anexo 1.

## **CAPÍTULO 3**

### **RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN**

En el presente capítulo del trabajo de la investigación se tiene como objetivo principal el recopilar toda la información con referencia a la ubicación de la obra, entorno, características geométricas del lugar, informe fotográfico, superficie de rodamiento y operación del camino en cuestión. Se deducirá el procedimiento de construcción para el buen funcionamiento y comportamiento del camino en estudio.

#### **3.1.- Generalidades del proyecto.**

El presente Boulevard Industrial del Km 9+800 al KM 10+900 se localiza en el estado de Michoacán, rico en vegetación y de terreno extenso, el entorno que rodea dicho tramo según el INEGI está considerado como otros, predominando árboles llamados pinos y árboles de aguacate que lo han hecho de uso comercial. En dicha zona se tiene todo tipo de clima, siendo la temporada de lluvias la que más afecta la superficie de rodamiento.

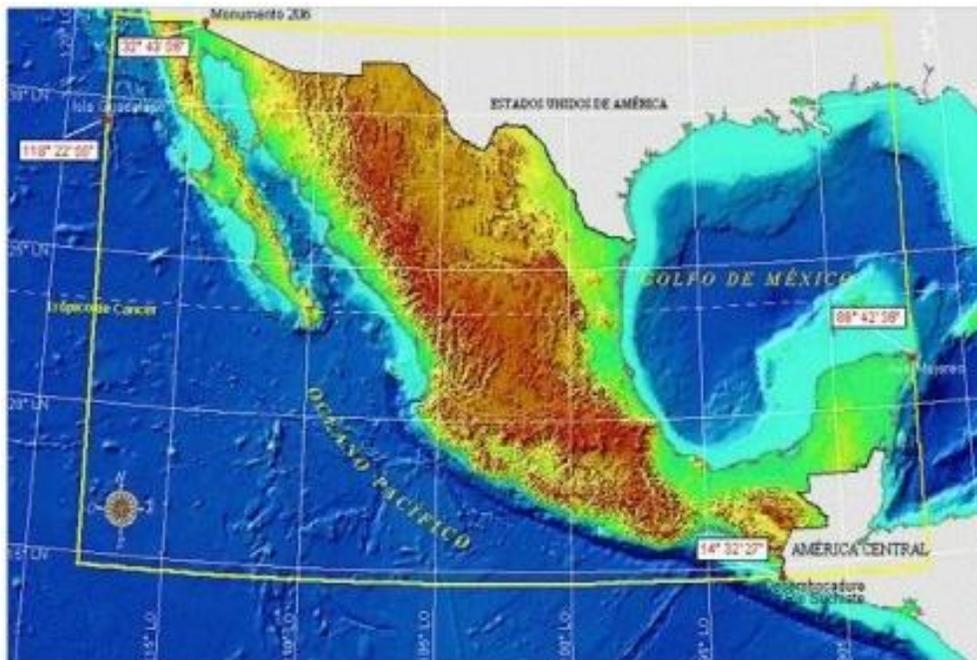
#### **3.2.- Ubicación geográfica.**

La ubicación geográfica hará referencia a las características que tiene el Boulevard Industrial, así mismo se especificará la macro y micro localización. Para tener un panorama mucho más amplio se hará referencia a la topografía de la región y la zona en estudio. Se tomará en cuenta todos los puntos referentes a la hidrología, geología y uso del suelo.

### 3.2.1.- Macro localización.

El estado de Michoacán de Ocampo se localiza en la parte centro-oeste de la República Mexicana, su superficie territorial es de 58,585 km<sup>2</sup>, el cual representa el 3% de la superficie total del país, ocupa el no. 16 de extensión de terreno entre las 32 entidades federativas que tiene México. Al norte limita con los estados de Jalisco y Guanajuato, al este con el estado de México y Guerrero, al oeste con el estado de Colima, al sur con el Océano Pacífico y parte del estado de Guerrero.

La capital del estado de Michoacán de Ocampo es Morelia y tiene como división política ciento trece municipios. En la siguiente fotografía 3.1 se presenta la macro localización del estado de Michoacán en el territorio de la República Mexicana.



Fotografía 3.1 República Mexicana.  
(Fuente: [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx))

### 3.2.2.- Micro localización.

Las coordenadas geográficas del Boulevard Industrial del Km 9+800 al Km 10+900 tomadas con referencia a la mitad del tramo en estudio son 19° 24' 56'' de Latitud Norte, 102° 03' 46'' de Longitud Oeste. Al norte limita con el municipio de Paracho, al sur con el municipio de Lombardía, Al este con el municipio de Tingambato y al oeste con el municipio de San Juan Nuevo. En la fotografía 3.2 se presenta la micro localización del tramo en estudio ubicado dentro de la ciudad de Uruapan, cabe mencionar que dicha avenida es una arteria principal muy transitada ya que conecta el este con el oeste de la ciudad, así mismo es la entrada y salida del tráfico que viaja por autopista hacia la ciudad de Morelia, Michoacán.



Fotografía 3.2 Boulevard Industrial.  
(Fuente: earth.google.com)

### **3.3.- Topografía regional.**

De acuerdo con la página de internet, [www.Mexico.pueblosamerica.com](http://www.Mexico.pueblosamerica.com) expone que la ciudad de Uruapan está localizada en la vertiente sur de la sierra de Uruapan que se prolonga con la de Apatzingan y forma parte del eje volcánico. Se encuentra a una altura sobre el nivel de mar de 1634 metros, sus coordenadas geográficas 19° 24' 56" de latitud Norte y 102° 03' 46" de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, cuenta con una extensión territorial de 954.17 km<sup>2</sup>.

El municipio de Uruapan está constituido por una topografía accidental encontrándose en dicho lugar partes altas con unas pendientes pronunciadas y lugares planos sin mayor pendiente en el terreno. Dicho tramo en estudio es una arteria principal dentro de la ciudad presentando una topografía plana. Al noroeste de la avenida se encuentra el cerro de La Cruz.

### **3.4.- Geología regional, hidrología regional, clima y uso del suelo.**

En las inmediaciones se encuentran diferentes tipos de rocas, las que más abundan son el Basalto, Toba riolítica y Aluvión, el resto del terreno se caracteriza por los restantes tipos de roca y suelo. Los suelos que rodean el área son de tipo residual, producto del intemperismo removidos y depositados en las laderas así como al pie de las mismas.

La remoción es producto del escurrimiento de origen pluvial así como corrientes que generalmente son permanentes. La composición del terreno es de limos y arcillas que por lo general estas se encuentran en la dirección sureste, noreste y este. Los suelos de Aluvión son depósitos sedimentarios que se forman por

corrientes fluviales en el cauce y llanura de inundación de los valles fluviales. Los suelos que se formaron más recientemente están localizados al este.

Exponiendo la página <http://ebenelda-uruapan.blogspot.com/2007/07medio-fisico-de-uruapan.html> el municipio de Uruapan dispone de una corriente principal que es el río Cupatitzio, este río nace en el territorio y fluye en el sentido norte a sur de la ciudad, aguas abajo este mismo río se convierte en una cascada llamada La Tzaráracua. Toda la extensión territorial del municipio a excepción de su extremo más occidental forma parte de la Cuenca del río Tepalcatepec-Infiernillo y el extremo oeste a la Cuenca del río Tepalcatepec. Dichas cuencas forman parte de la Región hidrológica Balsas.

El clima es tropical y templado con temporada de lluvias en verano, se considera que tiene una precipitación pluvial anual de 1,759.3 mm. Su temperatura es variable ya que oscila entre 8.0°C a 37.5°C.

Con respecto al suelo del municipio de Uruapan, data de los periodos cenozoico, cuaternario y plioceno, que corresponden principalmente a los tipos podzódico y de pradera. El uso del suelo en la actualidad es primordialmente forestal, en menor proporción ganadera y agrícola. El Boulevard Industrial es una arteria que se encuentra dentro de la ciudad la cual el uso es vial y peatonal.

### **3.5.- Estado actual del camino, planteamiento de alternativas y alternativa de solución.**

El estado actual del proyecto es un camino deficiente que tiene una superficie de rodamiento en mal estado presentando agrietamientos y baches en ciertas partes de la superficie. En época de lluvias el Boulevard Industrial presenta grandes

cantidades de escurrimiento pluvial, es esta razón por la que constantemente se tiene que dar mantenimiento a la superficie de rodamiento ya que el material empleado no es lo suficientemente resistente para soportar grandes cantidades de tráfico vial así como grandes escurrimientos de agua en época de lluvias.

En las presentes fotografías 3.3, 3.4 y 3.5 se visualiza el estado actual del camino, para así presentar visualmente las condiciones de la superficie de rodamiento, esto ayudará a conocer la estructura actual y poder proyectar un buen proceso constructivo del camino.



Fotografía 3.3 Estado actual del camino  
(Fuente: Propia)



Fotografía 3.4 Estado actual del camino con deterioro visible  
(Fuente: Propia)



Fotografía 3.5 Estado actual del camino con desgaste en toda su superficie  
(Fuente: Propia)

A continuación se abordarán algunas alternativas de solución con respecto al planteamiento del problema, esto en base a los estudios realizados anteriormente y se definirá la mejor propuesta en todos los sentidos como funcionalidad, impacto ambiental, economía etc.

- a) En esta propuesta se propone llevar a cabo una mejora superficial, donde únicamente se le dará mantenimiento estético a la superficie de rodamiento para así solucionar momentáneamente las deformaciones de la carpeta asfáltica.
- b) En esta propuesta de solución se prevé una mejora más a fondo seleccionando los tramos de carpeta asfáltica más deteriorados, remover completamente la carpeta dañada y poner una capa completamente nueva de asfalto. El resto de la superficie que no esté en mal estado y que únicamente presente grietas pequeñas se le dará un mantenimiento correctivo superficial para evitar que se siga deteriorando.
- c) En esta propuesta de solución se proyecta remover completamente la carpeta asfáltica y poner concreto hidráulico en toda la superficie de rodamiento de la vialidad.

De acuerdo con las alternativas sugeridas, de conformidad con el tipo de camino que se trata y la cantidad de afluencia vial que tiene, se propone la alternativa "C" ya que es un proyecto de solución definitivo, el cual evitará mantenimiento constante, mejorará el entorno físico, evitando la formación de baches en la superficie y generara una afluencia vial más constante.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA**

En el presente capítulo se expone la metodología, que es parte del proceso de investigación y ésta a su vez es la que explica todos los pasos, técnicas que se deben realizar consecuentemente para determinar una situación deseada. Mendieta Alatorre (2005) expone que el método es el medio o camino que se sigue para llegar a un fin deseado y esto se lleva a cabo por la forma en que ordenaste los elementos, la forma de proceder para poder obtener un resultado deseado.

La metodología se aplica con el fin de realizar las acciones propias de una investigación. Es una guía que va indicando que hacer, la forma de actuar si se quiere obtener algún tipo de investigación. De esta forma se puede observar un problema en su totalidad.

#### **4.1.- Método empleado.**

Mendieta (2005) expone que las primeras nociones conceptuales que capta el hombre, es la de la cantidad. En cualquier investigación donde se aplican números de relación constante, variedad de hipótesis y diversidad de comprobaciones las cuales se tomen en cuenta para afirmar o negar algo se estará aplicando el método cuantitativo.

Con frecuencia vemos informes precisos de la aplicación de métodos matemáticos en la vida cotidiana, un ejemplo es la dosificación correcta en los compuestos de las medicinas, la distribución fiscal de los impuestos o en la clasificación de alumnos en un área escolar.

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

En la investigación se tienen dos enfoques principales los cuales son el cualitativo y el cuantitativo. Hernández y Cols (2010) expone que la investigación cuantitativa es la posibilidad de generalizar más ampliamente los resultados, ya que ofrece un punto de vista de conteo y magnitudes de estos, por consiguiente esto facilita la comparación entre estudios similares.

La investigación cualitativa da profundidad a los datos, la riqueza interpretativa, la dispersión, la contextualización del entorno o ambiente, los detalles y experiencias únicas. Este método cualitativo ha sido empleado en disciplinas humanísticas como la Psicología y Antropología.

Dicha investigación de esta tesis se está manejando el enfoque cuantitativo ya que se estará diseñando el proceso constructivo del camino, se partirá de un estudio topográfico el cual se analizará para obtener resultados y así especificar las soluciones favorables y más adecuadas del objetivo principal de este presente tesis.

### **4.2.1.- Alcance.**

Hernández y Cols (2010) explica que el alcance de la investigación se divide en cuatro partes, tomando el enfoque cuantitativo se dividen en:

- . Exploratorios
- . Descriptivos
- . Correlacionales
- . Explicativos

Los estudios exploratorios son necesarios para preparar el terreno y por lo tanto anteceden a los otros tres tipos. Con respecto a los estudios descriptivos

fundamentan las investigaciones correlacionales las cuales proporcionan información para llevar a cabo estudios explicativos que originan un sentido de entendimiento que son altamente estructurados.

En la presente investigación de esta tesis se expone que es descriptiva porque busca especificar características, propiedades y perfiles importantes de cualquier fenómeno que se analice, ya que el objetivo de esta investigación es buscar, especificar propiedades, perfiles y características relevantes del procedimiento constructivo del Boulevard Industrial del Km 9+800 al Km 10+900.

#### **4.2.2.- Diseño de la investigación.**

De acuerdo con Hernández y Cols (2010) la presente investigación se puede clasificar como no experimental y de diseño transversal o transaccional, pues se centra en los siguientes puntos:

- Analizar el nivel o estado de una o diversas variables dadas.
- Evaluar una situación, fenómeno, evento o contexto en un tiempo.
- Determinar la relación entre un conjunto de variables en un momento.

Por otra parte, se encuentra otro tipo de investigaciones llamadas longitudinal cuando se centra en analizar los cambios a través del tiempo y estudiar la evolución de una o más variables.

Por lo tanto la presente tesis se clasifica como una investigación transversal ya que recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único, describiendo variables y analizando su interrelación e incidencia en un momento dado.

#### **4.3.- Instrumentos de recopilación de datos.**

Continuando con Hernández y Cols (2005) comenta que día con día es más frecuente hacer estudios en los cuales se utilizan distintos métodos de recolección de datos, como lo es para los estudios cuantitativos ya que al mismo tiempo incluyen cuestionarios, pruebas estandarizadas y recopilación de contenidos para análisis estadísticos.

La recolección de datos implica:

- a) Seleccionar uno o varios métodos de instrumentos disponibles o desarrollarlos, tanto cuantitativos como cualitativos.
- b) Aplicar los instrumentos.
- c) Preparar las mediciones obtenidas o datos levantados para su análisis.

Si se tiene un enfoque cuantitativo, el recolectar datos es equivalente a medir, medir es la forma de vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos, con el proceso de clasificación o cuantificación de las variables contenidas en la hipótesis.

Todo instrumento de recolección de datos debe cubrir dos requisitos que son confiabilidad cuantitativa, esto se refiere a que la aplicación repetida de un

instrumento de medición produce resultados iguales y el otro requisito es la validez cuantitativa que se refiere al grado en que un instrumento mide.

Se puede señalar que no hay medición perfecta, pero puede reducirse a límites permisibles, los pasos a seguir para la elaboración de un instrumento de medición es:

- Listar la variable a seguir.
- Revisar sus definiciones conceptuales y operacionales.
- Elegir uno ya desarrollado o construir uno propio.
- Indicar niveles de medición de las variables.
- Decir cómo se codificarán los datos.
- Aplicar prueba piloto.
- Construir su versión definitiva.

Para las respuestas a un instrumento de medición se codifican y también implica:

- a) Codificar los instrumentos no codificados.
- b) Elaboración del libro de códigos.
- c) Ejecutar físicamente la recolección.
- d) Grabar y almacenar los datos en un archivo permanente.

En la presente investigación realizada será necesario la recopilación de datos cuantitativos confiables para una correcta aplicación así mismo el apoyo de programas de cómputo como lo son: Excel, Autocad, Word, para llegar al resultado que se pretende.

#### **4.4.- Descripción del proceso de investigación.**

Para ejecutar la investigación es necesario describir como se llevó a cabo el procedimiento de su integración:

- Se seleccionó el tema de investigación.
- Ubicación del tramo de estudio.
- Recopilación de datos prácticos y teóricos.
- Establecer el tipo de metodología de investigación que se utilizó.
- Capturación de datos con apoyo de programas de cómputo.
- Revisión de los datos obtenidos.

Estos pasos son de suma importancia para que la investigación no siga otro rumbo y así poder llegar a los resultados que inicialmente se plantearon con el firme objetivo de realizar un trabajo beneficioso.

Por lo tanto, la presente investigación se realizó por el método científico-matemático, mediante un enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo, de diseño no experimental transeccional. Los instrumentos para la recopilación de datos surgieron de observaciones, investigaciones documentales y de campos apoyados por programas cómputo para la realización de cálculos necesarios.

## **CAPÍTULO 5**

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

En el presente capítulo del trabajo de la investigación se aborda la propuesta del procedimiento constructivo de la pavimentación con concreto hidráulico del Boulevard Industrial del km. 9+800 al km. 10+900. Un procedimiento constructivo en una obra civil, es la forma de ejecutar un proyecto que está compuesto por varias actividades, estas tienen que llevar un orden lógico, sincronizado y de ejecución. El proceso constructivo es necesario para ejecutar los trabajos de forma más adecuada y eficaz, de esta forma se obtendrán resultados satisfactorios que se verán reflejados en la calidad y economía de la obra. Para la realización de la obra como son sus etapas de construcción se desarrollará lo siguiente: trazo y nivelación, remoción de carpeta asfáltica existente, base hidráulica y colocación del concreto hidráulico, esto con el fin de proyectar una obra eficiente en su proceso constructivo así como una buena funcionalidad del camino para los usuarios.

#### **5.1.- Proceso constructivo.**

A continuación se muestra una tabla donde se indica el catálogo de conceptos que llevará la obra, se tomará en cuenta el espesor del pavimento diseñado por el Ing. Cristian Pérez Sepúlveda (2011) del Boulevard Industrial del km. 9+800 al km. 10+800, además se tomarán los datos más importantes para su proceso constructivo como son: espesor del pavimento, espesor de la base hidráulica, material triturado a emplear, f'c del concreto empleado etc.



**CATALOGO DE CONCEPTOS**

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad
<b>PRELIMINARES</b>			
1	TRAZO Y NIVELACION CON EQUIPO TOPOGRÁFICO, PARA PAVIMENTACION DE CALLES Y AVENIDAS, ESTABLECIENDO EJES AUXILIARES, BANCOS DE NIVEL, REFERENCIAS, INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA P.U.O.T	M	1100
<b>DEMOLICION DE ESTRUCTURA EXISTENTE</b>			
2	DEMOLICION DE CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE DE 7 CM. DE ESPESO POR MEDIOS MECANICOS, INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA P.U.O.T	M <sup>3</sup>	1078
<b>PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO PREMEZCLADO</b>			
3	CORTE EN CAJA POR MEDIOS MECÁNICOS 0.33 M. EN MATERIAL TIPO A, INCLUYE: AFINE DE SUPERFICIE A NIVEL DE SUBRASANTE, ACARREO LIBRE DEL MATERIAL A 20 M. DE DISTANCIA HORIZONTAL EN EL LUGAR DONDE LO INDIQUE LA SUPERVISION, ACOPIO Y/O ACAMELLONAMIENTO PARA RETIRO POSTERIOR, MEDIDA EN SECCIONES TRANSVERSALES DE TERRENO NATURAL P.U.O.T	M <sup>3</sup>	5082.0
4	CARGA MECÁNICA Y ACARREO EN CAMIÓN VOLTEO AL 1ER KM. DE DISTANCIA DEL MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION DE CORTES ADICIONALES DEBAJO DE LA SUBRASANTE , AMPLIACION Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJE DE LA CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCOS, DERRUMBES Y CANALES P.U.O.T.	M <sup>3</sup>	6606.6
5	SOBREACARREO EN CAMION VOLTEO EN KILÓMETROS SUBSECUENTES DE MATERIALES PRODUCTO DE EXCAVACIONES.	KM- M <sup>3</sup>	13213.2
6	COMPACTACIÓN DE TERRENO NATURAL AL 100 % DE LA PRUEBA AASTHO ESTÁNDAR, POR MEDIOS MECANICOS.	M <sup>2</sup>	15400



## CATALOGO DE CONCEPTOS

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad
<b>PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAÚLICO PREMEZCLADO</b>			
7	FORMACION DE BASE HIDRAÚLICA CON EQUIPO MECANICO Y MATERIAL TRITURADO GRUESO CON UN MINIMO DE 75 % DE ROCA TRITURADA SANA CUANDO EL ESAL'S MENORES A 10 MILLONES DE EJES EQUIVALENTES, UN ESPESOR DE 15 CM CON UN VRS DE 80 % COMPACTADO AL 100 % DE LA PRUEBA AASTHO MODIFICADO, INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, ACARREOS, TENDIDO, INCORPORACION DE AGUA NECESARIA Y HERRAMIENTA, VOLUMEN MEDIDO COMPACTO EN SECCIONES TRANSVERSALES P.U.O.T.	M <sup>3</sup>	2310
8	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAÚLICO PREMEZCLADO DE 18 CM DE ESPESOR, CON UNA RESISTENCIA DE F'C= 350 KG/CM <sup>2</sup> , CONTARA CON UN REFUERZO DE ACERO (BARRAS PASAJUNTAS) CON VARILLA DE 1 PULG. DE DIAMETRO Y 45 CM DE LARGO EN CADA JUNTA A CADA 4 M. SEPARADAS ENTRE SI A CADA 30 CM. EN EL LADO CORTO (3.5M.) INCLUYE: MATERIALES, CIMBRADO, DESCIMBRADO, VACIADO, NIVELADO, REGLEADO, VIBRADO, CURADO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA, LIMPIEZA, ACABADO, TEXTURIZADO CON PEINE HASTA 3MM. DE PROFUNDIDAD Y BOLEADO EN REMATES HASTA 2" EN LOSAS DE PAVIMENTO P.U.O.T.	M <sup>3</sup>	2772
<b>GUARNICIONES</b>			
9	GUARNICIÓN DE CONCRETO HIDRAÚLICO COLADO MONOLITICAMENTE CON LA CARPETA DE CONCRETO HIDRAULICO, F'C= 350 KG/CM <sup>2</sup> DE 20X30 CM. DE SECCION TRANSVERSAL, R.N.TMA DE 19 MM. (3/4"), INCLUYE: MATERIALES, EQUIPO, ACARREOS, DESPERDICIOS, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA. (LADO BANQUETA Y LADO CAMELLÓN).	M <sup>3</sup>	132
<b>RANURADO</b>			
10	RANURADO EN LOSA DE CONCRETO HIDRAÚLICO, GUARNICIONES Y BANQUETA A 1/3 DEL PERALTE DE LOS ELEMENTOS, A CADA 4 M. DE SEPARACION EN EL SENTIDO TRANSVERSAL. CALAFATEADO DE JUNTAS CON MATERIAL ELASTOMÉRICO EN CALIENTE, ICLUYE LIMPIEZA P.U.O.T.	M	3850



## CATALOGO DE CONCEPTOS

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad
<b>RANURADO</b>			
11	CALEFATEADO DE JUNTAS CON MATERIAL ELASTOMERICO EN CALIENTE.	M	3850
<b>BANQUETAS</b>			
12	TRAZO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRÁFICO, PARA PAVIMENTACIÓN DE CALLES Y AVENIDAS, ESTABLECIENDO EJES AUXILIARES, BANCOS DE NIVEL, REFERENCIAS, INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA P.U.O.T.	M <sup>2</sup>	1100
13	EXCAVACIÓN EN CAJA CON EQUIPO MECÁNICO, EN ZONA URBANA, MATERIAL TIPO II DE 0.35 M. DE PROFUNDIDAD INCLUYE: EXTRACCIÓN DEL MATERIAL Y COMPACTACIÓN DEL TERRENO NATURAL EN EL FONDO DE LA CAJA POR MEDIOS MECÁNICOS AL 100% DE LA PRUBA AASHTO ESTÁNDAR.	M <sup>3</sup>	770
14	CARGA MECÁNICA Y ACARREO EN CAMIÓN VOLTEO AL 1ER KM. DE DISTANCIA DEL MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION DE CORTES ADICIONALES DEBAJO DE LA SUBRASANTE , AMPLIACION Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJE DE LA CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCOS, DERRUMBES Y CANALES P.U.O.T.	M3	1001
15	SOBREACARREO EN CAMIÓN VOLTEO EN KILÓMETROS SUBSECUENTES DE MATERIALES PRODUCTO DE EXCAVACIONES.	KM-M <sup>3</sup>	2002
16	FORMACIÓN DE BASE HIDRAÚLICA CON EQUIPO MECÁNICO, Y MATERIAL TRITURADO DE 3/4 " DE PULGADA A FINOS, DE 10 CM. DE ESPESOR COMPACTADO AL 100% DE LA PRUEBA AASHTO MODIFICADO INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, ACARREOS, TENDIDO, INCORPORACIÓN DE AGUA NECESARIA Y HERRAMIENTA, VOLUMEN MEDIO COMPACTO EN SECCIONES TRANSVERSALES P.U.O.T.	M <sup>3</sup>	220
17	BANQUETA DE CONCRETO HIDRAÚLICO HECHO EN OBRA 10 CM. DE ESPESOR CON UNA RESISTENCIA F'C= 250 KG/CM <sup>2</sup> , UN REVENIMIENTO DE 12 CM, AGREGADO MAXIMO 3/4 " GRAVA TRITURADA Y ARENA A TIRO DIRECTO EN LOSAS DE 3X3 M. PROMEDIO, INCLUYE: MATERIALES, CIMBRADO, DESCIMBRADO, VACIADO NIVELADO, RGLEADO, VIBRADO, CURADO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y CORTES A CADA 2 M. DE 1/3 ESPESOR.	M <sup>3</sup>	220



**CATALOGO DE CONCEPTOS**

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad
<b>CAMELLONES</b>			
17	TRAZO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRÁFICO, PARA PAVIMENTACION DE CALLES Y AVENIDAS, ESTABLECIENDO EJES AUXILIARES, BANCOS DE NIVEL, REFERENCIAS, INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA P.U.O.T.	M <sup>2</sup>	1100
18	EXCAVACIÓN EN CAJA CON EQUIPO MECÁNICO, EN ZONA URBANA, MATERIAL TIPO II DE 0.35 M. DE PROFUNDIDAD INCLUYE: EXTRACCION DEL MATERIAL Y COMPACTACION DEL TERRENO NATURAL EN EL FONDO DE LA CAJA POR MEDIOS MECANICOS AL 100% DE LA PRUBA AASHTO ESTÁNDAR.	M <sup>3</sup>	385
19	CARGA MECÁNICA Y ACARREO EN CAMIÓN VOLTEO AL 1ER KM. DE DISTANCIA DEL MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION DE CORTES ADICIONALES DEBAJO DE LA SUBRASANTE , AMPLIACION Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJE DE LA CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCOS, DERRUMBES Y CANALES P.U.O.T.	M <sup>3</sup>	500.5
20	ACARREO EN CAMIÓN VOLTEO EN KILÓMETROS SUBSECUENTES DE MATERIALES PRODUCTO DE EXCAVACIONES.	KM-M <sup>3</sup>	1001
21	GUARNICIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO HECHO EN OBRA 10X10 CM. DE ESPESOR CON UNA RESISTENCIA F'C= 250 KG/CM <sup>2</sup> , UN REVENIMIENTO DE 12 CM, AGREGADO MAXIMO 3/4 '' GRAVA TRITURADA Y ARENA, INCLUYE: MATERIALES, CIMBRADO, DESCIMBRADO, VACIADO NIVELADO, RGLEADO, VIBRADO, CURADO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA .	M <sup>3</sup>	11
22	ANDADORES DE ADOQUIN INCLUYE: MATERIALES, INSTALCIÓN, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA.	M <sup>2</sup>	11
23	SUMINISTRO Y COLOCACION DE LUMINARIA NUEVA LAMPARA OV15 VSAP 100 WATTS CON BRAZO, ABRAZADERA, CONECTORES, FOTOSELDA, EN POSTE DE CFE.	PZA	16
24	TOMAS DE AGUA PARA RIEGO INCLUYE: MATERIALES, INSTALCIÓN, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA.	PZA	11

## UNIVERSIDAD DON VASCO

Dependencia:

Obra:

UNIVERSIDAD DON VASCO ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
PROCESO CONSTRUCTIVO DEL CAMBIO DE PAVIMENTACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO POR CONCRETO HIDRÁULICO DEL BOULEVARD INDUSTRIAL DEL KM 9+800 AL KM 10+900 EN LA CIUDAD DE URUAPAN MICHOACÁN.



### CATALOGO DE CONCEPTOS

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad
<b>CAMELLONES</b>			
25	TIERRA VEGETAL DE RELLENO DE 15CM DE ESPESOR PROMEDIO, INCLUYE: MATERIAL, INSTALCIÓN, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA.	M <sup>2</sup>	1100
26	PASTO INCLUYE: MATERIALES, INSTALCIÓN, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA.	M <sup>2</sup>	1089
27	ÁRBOLES, INCLUYE: MATERIALES, INSTALCIÓN, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA.	PZA	220
<b>SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL</b>			
28	PINTURA BLANCA Y AMARILLA PARA RALLAS HORIZONTALES, GUARNICIONES Y SEÑALES CON MICROESFERAS. INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN P.U.O.T.	M <sup>2</sup>	1650
29	SEÑALAMIENTOS VERTICALES, INCLUYE: MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	PZA	36
30	VIALETEAS , INCLUYE: MATERIAL, INSTALCIÓN, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA.	PZA	293

## **5.2.- Obras preliminares.**

Se realizará un reconocimiento del área de trabajo por medio de la inspección, por el ejecutante de la obra, el representante encargado de la obra y Dirección de obras públicas.

Con el objeto de no interrumpir el tráfico vehicular que transita por el Boulevard Industrial, se deberá trabajar por alas en forma alternada, se colocarán señalamientos verticales de protección de obra, de esta forma se encausará el tráfico vehicular de manera adecuada, evitando al máximo cualquier incidente de acuerdo a la norma N.CTR.CAR.1.07.016/00 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Así mismo el personal en la obra utilizará chalecos reflejantes para tener una mejor visibilidad entre su equipo de trabajo y los usuarios de la vialidad que transiten por la obra.

## **5.3.- Trazo y nivelación.**

La brigada de topografía realizará en base al proyecto, marcando trazo, señalando niveles para desplante de la pavimentación, con aparatos e instrumentos de topografía garantizando precisión.

## **5.4.- Demolición de pavimento existente.**

Se realizará la demolición del pavimento asfáltico existente por medios mecánicos, empleando una retroexcavadora con rotomartillo, acarreando el material producto de la demolición hasta donde indique la supervisión, como lo indica la norma de la (SCT) N-CTR-CAR-1-02-013/00 y equipó utilizado en la imagen siguiente.



Fotografía 5.1 Retroexcavadora con rotomartillo.  
(Fuente: Propia)

#### **5.5.- Corte en caja y acarreo del primer kilómetro.**

La excavación se llevará a cabo por medios mecánicos con retroexcavadora hasta la profundidad requerida. Extrayendo el material para su posterior uso o acarreo del material producto de la excavación hasta donde indique la supervisión así como la norma de la (SCT) N-CTR-CAR-1-01-003, el corte se realizará con el siguiente equipo.



Fotografía 5.2 Retroexcavadora Caterpillar.  
(Fuente: propia)

#### **5.5.1.- Sobre acarreo en kilómetros subsecuentes.**

El acarreo del material se llevará al banco de desperdicio más próximo considerado a no más de 5 km. se realizará con camión volteo de 12 m<sup>3</sup> los cuales se llenarán con material de desperdicio a su mayor capacidad de operación, el material será tapado con lona, con la finalidad que no se tire, ocasione algún accidente e impida la contaminación del entorno, como lo indica la norma de la (SCT) N-CTR-CAR-1-01-013/00, de acuerdo a la imagen siguiente:



Fotografía 5.3 Camión Volteo.  
(Fuente: Propia)

#### **5.5.2.- Subrasante.**

Se hará uso de motoconformadora para el mezclado así como el extendiendo parcialmente del material, estas serán autopropulsadas, con cuchillas de una longitud no menor a 3.65 mts. y una distancia entre ejes mayor a 5.18 mts. Se humedecerá y se tenderá el material por medio de riegos y mezclados sucesivos para conseguir la granulometría deseada, se tratará de arenas limosas o limos arenosos compactando el terreno natural en forma mecánica con un rodillo liso, al 100 % de la prueba AASHTO estándar, con un espesor no menor de veinte centímetros, se extenderán capas sucesivas de material, no menores de veinte centímetros, el riego superficial

de agua será continuo mientras se lleve a cabo la compactación, compensando la pérdida de humedad por evaporación. Cuando el proceso haya concluido se verificará su alineamiento, perfil y anchura en concordancia con el proyecto, como lo indica la norma de la (SCT) N-CTR-CAR-1-01-009/00, la maquinaria empleada se muestra a continuación:



Fotografía 5.4 Motoconformadora.  
(Fuente: Propia)

#### **5.6.- Base hidráulica.**

Concluida la construcción de la capa subrasante, se iniciara la construcción de la base hidráulica con equipo mecánico de acuerdo con la norma N-CMT-CAR-4-02-002. La topografía en esta etapa de construcción es de vital importancia para llevar una nivelación constante conforme lo marque el perfil del proyecto, se tendrá que

revisar los niveles de todo el proyecto así como la nivelación en la intersección de las calles.

El material utilizado según Cristian Pérez Sepúlveda (2011) será material triturado grueso con un mínimo de 75% de roca triturada sana, el espesor de la base hidráulica será de 15 cm. con un VRS de 80% compactado al 100% de la prueba AASTHO modificado.

La motoconformadora que se utilizará para el extendido y conformación de la base hidráulica, será autopropulsada con cuchillas de una longitud mayor de 3.65 mts., con una distancia entre ejes mayor de 5.18 mts. Las extendedoras serán autopropulsadas capaces de esparcir y pre compactar la capa de base hidráulica con el ancho, sección y espesor establecido en el proyecto. Estará equipada con los dispositivos como un enrasador que pueda ajustarse automáticamente en el sentido transversal para proporcionar una textura lisa y uniforme sin canalizaciones y protuberancias. Contará con una tolva receptora del material con capacidad para asegurar un tendido homogéneo, equipada con un sistema de distribución mediante el cual se reparta el material uniformemente frente al enrasador con sensores de control automático de niveles.

Los compactadores serán autopropulsados, reversibles y provistos de petos limpiadores para evitar que el material se adhiera a los rodillos. Se usarán compactadores vibratorios que estarán equipados con controles para modificar la amplitud y frecuencia de vibración con 2 ejes de rodillos en tándem y un diámetro mínimo de 1 mt. En tangentes el proceso de compactación se realizará de la orilla del camino hacia el interior mientras que en curvas se compactará del interior hacia la parte exterior.

El mezclado del material a emplearse será con mezcladora de tipo continuo, la dosificación de los materiales y el agua puede hacerse por volumen o por masa, otra planta puede ser de tambor rotatorio o del tipo pugmill, la dosificación de los materiales y el agua se hará por masa. El material mezclado en las plantas se transportará a la obra de forma que no se altere para que pueda ser extendido y compactado.

Terminada la operación de construcción de la base hidráulica a satisfacción de la dependencia se procederá a ejecutar el barrido de la superficie en todo lo ancho.

#### **5.6.1.- Concreto hidráulico.**

Concluida la construcción de la base hidráulica, se iniciará la construcción de la carpeta de concreto hidráulico con equipo mecánico de acuerdo con la norma N-CTR-CAR-1-04-009-06 (SCT)., la cual proporcionará al usuario una superficie de rodadura uniforme resistente al derrapamiento, bien drenada, segura y cómoda. Tendrá además la función estructural de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores del pavimento, será un proyecto a 25 años de vida útil aplicando mantenimiento correctivo únicamente donde sea necesario.

Antes de la construcción de la carpeta de concreto hidráulico, la superficie donde se colocará tendrá que estar debidamente terminada dentro de las líneas y niveles, sin materias extrañas como grasa, polvo o encharcamientos, sin irregularidades y reparados los baches que existan en la base hidráulica. No se permitirá la construcción sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por la dependencia correspondiente.

El concreto hidráulico empleado en la elaboración de la obra según Sepúlveda (2011). tendrá un  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ , con 18 cm. de espesor, será premezclado y se iniciará con un tramo de prueba sobre la superficie donde se construirá la carpeta de concreto hidráulico en todo el ancho de la corona y 200 mts. de longitud esto con la finalidad de evaluar los equipos utilizados y el procedimiento. En el proceso de elaboración no se cambiará de un tipo de concreto a otro, sino hasta que las tolvas de la planta hayan sido vaciadas completamente y los depósitos de alimentación de los agregados pétreos hayan sido cargados con el nuevo material. Es importante que los acarrees del concreto así como los materiales hasta el sitio de su utilización, se realizará de tal forma que el tránsito que pase por el sitio donde se construirá la carpeta de pavimento hidráulico se distribuya sobre el ancho total de la misma, evitando la concentración en ciertas aéreas y por consecuencia su deterioro.

El pavimento de concreto hidráulico se realizará por bloques de 4 m. de largo por 3.5 m. de ancho y contará con un refuerzo de acero (barras pasajuntas y barras de amarre), en las barras de amarre la varilla será de 1.27 cm. de diámetro y 71 cm. de largo cada una, con una separación de 0.76 m. entre barra y barra, se insertarán por vibración al momento de usar equipo de cimbra deslizante. En el sentido transversal se pondrán barras pasajuntas a cada 0.30 m. de separación entre barra y barra, con un diámetro de 2.54 cm. = 1 pulg., y 45 cm. de longitud, estas se colocarán antes del colado del concreto mediante silletas o canastas metálicas de sujeción que las aseguran en la posición correcta durante el colado y vibrado del concreto hidráulico. Después de colocadas, la superficie expuesta de las pasajuntas se

someterá a un tratamiento antiadherente, se le pondrá grasa y una funda de plástico para con esto garantizar el libre movimiento longitudinal de las losas en la junta.

Para el colado del concreto hidráulico, será colocado, extendiéndolo y consolidándolo con una pavimentadora autopropulsada dejando una capa de espesor uniforme, teniendo en cuenta que en áreas irregulares el concreto se podrá extender para terminarse a mano. El colado se realizará de una forma continua y se ejecutará de una manera que minimice las paradas así como el arranque de la pavimentadora.

Rápidamente después de colado el concreto hay que consolidarlo mediante el vibrado, este se hará uniformemente en todo el volumen de la carpeta, usando vibradores mecánicos, se hace hincapié que los vibradores no entren en contacto con la cimbra. Si se tienen aéreas no accesible a los vibradores de las pavimentadoras, se usarán vibradores de inmersión manuales. Si la pavimentadora es detenida, los vibradores no operaran por más de 5 segundos después del paro.

El texturizado de la carpeta de concreto hidráulico se realizará pasando sobre su superficie la rastra de texturizado y la texturizadora, el acabado superficial proporcionará una superficie de rodadura con resistencia a la fricción. Después de terminado el texturizado y el concreto empiece a perder su brillo superficial con el equipo de curado se aplicará el material que forme la membrana de curado en la superficie de la carpeta.

Una vez que el concreto haya endurecido lo necesario para que no se despostille y antes de que se formen las grietas naturales por contracción del

concreto se aserrará la carpeta para formar una junta como se muestra en el plano del proyecto.

#### **5.7.- Guarniciones.**

El colado de las guarniciones se realizará con equipo mecánico en ambos sentidos del camino, lado camellón y lado banqueteta, será colado monolíticamente con el mismo concreto usado en la carpeta de concreto hidráulico, los moldes para guarniciones serán metálicos fijos y con el espesor adecuado que proporcione suficiente rigidez y resistencia para no deformarse durante el vaciado y vibrado. Los moldes deberán quedar sujetos a la base de apoyo para conservar el alineamiento, pendiente y niveles de proyecto, compactándose con vibrador de inmersión, su sección será de 20x30 cm. de sección transversal, descimbrando las guarniciones cuando se vea conveniente y se procederá al curado aplicando riegos de agua, de acuerdo con la norma N-CTR-CAR-1-02-010/00 (SCT).

#### **5.8.- Ranurado y material elastomérico en caliente.**

Haciendo referencia a la norma N-CTR-CAR-1-04-009-06 (SCT), la carpeta de concreto hidráulico y las guarniciones se aserrarán a cada 4 m. de distancia una de otra en el sentido transversal, las banquetetas se aserrarán a cada 2.5 m. Se usará disco de diamante de 1/8'' de espesor, a 1/3 de profundidad tomando el espesor de la capa aserrada, se pondrá una cintilla de poliuretano en toda la sección transversal del pavimento hidráulico acerrado con el fin de proporcionar una cama de apoyo al sellador y evitar consumos innecesarios, inmediatamente después se colocara un

material elastomérico en caliente el cual se aplicará con bombas de extrusión, tendrá una boquilla cuya forma ajuste dentro de las juntas, las cuales inyectarán el volumen requerido de la mezcla en caliente formando una cama de ancho y profundidad uniforme entre las caras de las juntas del pavimento. En el sentido longitudinal se aserrará del lado del acotamiento (lado banquetas) haciendo una fisura de 25 mm. en toda la profundidad del pavimento hidráulico, se aplicara el material de relleno hasta 13 mm. antes de llegar a la superficie, los trece centímetro restantes se aplicará el material elastomérico en caliente, de sello dejando 5 mm. libre antes de llegar a la superficie esto con el fin que los esfuerzos aplicados a la carpeta de concreto hidráulico trabaje por separado del acotamiento y guarnición existente.

#### **5.9.- Banquetas.**

Después de haber hecho el ranurado de la carpeta de concreto hidráulico y las guarniciones existentes se procederá al colado de las banquetas, estas se colarán con concreto hidráulico hecho en obra, su espesor será de 10 cm., la resistencia del concreto hidráulico de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , un revenimiento de 12 cm., el tamaño máximo del agregado de 3/4" de grava triturada y las losas serán de 2.7x2.5 m. promedio. Se colocará la cimbra requerida, al nivel que establezcan las guarniciones con una pequeña pendiente hacia el Boulevard Industrial, se usará revoladora mecánica para la elaboración del concreto, vaciándolo sobre la superficie cuando ya esté la cimbra puesta y la superficie de contacto limpia. Al momento de vaciar la mezcla en la superficie de la banqueta por construir, se nivelará el concreto, se vibrará para expulsar las burbujas de aire retenidas, cuando la superficie lo amerite se regleará el concreto dándole una superficie de acabado. Se procederá a la etapa

de curado, agregando agua en la superficie para evitar grietas indeseables, la cimbra será removida al siguiente día de colado para evitar que se despostille las esquinas o que la misma cimbra se pegue al elemento confinado. Cuando las banquetas estén coladas, removida la cimbra y curadas para evitar las grietas inducidas se procederá al ranurado en su forma transversal de la banquetas con disco diamante de 1/8'' pulg. con una profundidad de 1/3 de su espesor que en este caso quedaría de 3.3 cm. de profundidad, de acuerdo con la norma N-CTR-CAR-1-02-010/00 (SCT).

#### **5.10.- Camellones.**

Los camellones serán los últimos en ejecutarse ya que aquí es donde se pondrán los postes de alumbrado público, señalamientos pertinentes, tomas de agua para el área verde del mismo espacio mencionado, relleno con tierra del camellón para darle nivel, pasos peatonales y pasto natural para dar un buen impacto visual.

#### **5.11.- Alumbrado.**

Se procederá a instalar las instalaciones de luz, las cuales irán dentro de una manguera para evitar su deterioro o algún corto circuito que se pueda originar. Los postes de luz se colocarán sobre una base de concreto, la cual contará con cuatro birlos para su debido anclaje con el poste, los postes de luz se pondrán a una separación de 70 metros uno de otro.

#### **5.11.1.- Tomas de agua para riego.**

Se instalarán tomas de agua a cada 70 metros para los trabajos de riego que necesite el pasto y los árboles sembrados, en el tiempo de lluvias se suspenderá el uso del agua.

#### **5.11.2.- Tierra vegetal.**

Después de concluidos los trabajos eléctricos y potables se procederá a llenar con tierra vegetal todos los camellones por la parte interior, esto con el fin de proporcionar una superficie plana evitando que la superficie quede con huecos o desniveles.

#### **5.11.3.- Pasos peatonales de adoquín.**

Es de suma importancia el paso de peatones de una acera a otra del Boulevard Industrial, es por esto que se instalarán caminos de adoquín en el sentido transversal del camellón de 2 m. de ancho, estos se pondrán uno en cada esquina del camellón y otros distribuidos en todo lo largo.

#### **5.11.4.- Vegetación.**

Se sembraran árboles del tipo pino, que es lo que abunda en la región y pasto, en todo lo largo del camellón, con el fin de mitigar el impacto ambiental, proveer a los usuarios de un mejor entorno visual y ayudar a bajar los grados de temperatura en el tiempo de calor en dicha área.

## **5.12.- Señalamiento horizontal.**

Considerando que para poder tener una buena seguridad para el usuario que transita por el Boulevard Industrial, se realizarán trabajos correspondientes a lo que es el pintado de las rallas centrales, laterales, símbolos, letras y guarniciones sobre la superficie de rodamiento según la norma N-CMT-5-01-001/05 de la (SCT).

Para la ejecución del presente trabajo, se llevará a cabo con equipo pintarrayas, el cual está equipado con tres tanques, uno para la pintura blanca, otro para la pintura amarilla y el tercer tanque más pequeño para la aplicación de micro esferas.

En el momento cuando la superficie donde se aplicará la pintura ya este previamente barrida, libre de polvo y materias extrañas que puedan afectar la adherencia de la pintura, se procederá al trazo de las marcas del señalamiento sobre el pavimento e inmediatamente después se iniciará con la aplicación de la pintura. En franjas será un ancho de 15 cm. y un espesor de la película de pintura en húmedo de 0.38 a 0.50 mm., adicionándole 0.330 kg/m<sup>2</sup>. de micro esferas con el fin de tener un buen reflejo de noche. Esta pintura será de base agua o de base solvente. Después de aplicada la pintura no presentará señal alguna de agrietamiento, desprendimiento, discontinuidad sobre el área aplicada, ampollas, pérdida de color o pérdida de brillo, si fuera el caso se removerá y se aplicará nuevamente.

Las vialetas o botones retrorreflejantes, son dispositivos que están formados por elementos reflejantes, dispuestos de una forma que al incidir la luz de los vehículos en ellos se refleja hacia los ojos del conductor en forma de un haz luminoso. Estos se colocarán sobre la superficie de rodamiento con la finalidad de incrementar la visibilidad de las marcas en la noche o en condiciones meteorológicas

adversas. Para la instalación de las vialetas se revisará que la superficie donde se vaya a poner este seca y exenta de materias extrañas, grasa o polvo. Se instalarán con resina epoxica, la cual se pondrá en la parte inferior de la vialeta en la cantidad suficiente para cumplir con las características de adherencia establecidas por la norma se la (SCT) N-CTR-CAR-1-07-004/00. En función del color de la ralla debe ser el color de la vialeta, para la raya central se pondrá cada vialeta con una separación de 15 mts., para el caso de las rayas laterales se pondrán a una separación de 30 mts. una de otra.

#### **5.12.1.- Señalamiento vertical.**

Inicialmente se procederá a retirar las señales pre existentes totalmente, conforme lo marca la norma N-CTR-CAR-1-02-013, la remoción se hará cuidadosamente, de tal manera que no se dañen otros elementos de la carretera.

En tramos de operación vehicular, si es posible solo se retirarán las señales pre existentes cuando sean colocadas las nuevas señales, para esto la superficie de la nueva estructura que reciba el tablero ya estará limpia y exenta de substancias ajenas.

Las señales y demás materiales que se utilicen para la reposición, serán los que indique la (SCT) y estarán apegados a la norma N-CTM-5-01-002, así como la norma N-CTM-5-02-002-05. Los tableros serán hechos de lámina de acero calibre 16 donde se pintarán las leyendas y símbolos de las señales. En relación a los postes serán perfiles de acero que sostendrán las señales bajas o sobre los cuales descansan las estructuras que sostienen las señales elevadas, las estructuras son

marcos y armaduras hechos con perfiles de acero que sirven para mantener la rigidez así como sostener los tableros de las señales verticales.

Las señales bajas son las que tienen una altura libre máxima de 2 m. entre el nivel de la banquetta u hombro de la vialidad a la parte inferior de la vialidad, el ángulo de inclinación hacia el frente adecuado será de 2 grados, las señales elevadas se pondrán a 5.5 m entre la parte inferior del tablero y el nivel de la calzada de la vialidad, el ángulo de inclinación hacia el frente será de 5 grados normales al eje longitudinal de la vialidad.

Su función principal de estas señales es proporcionar avisos a los usuarios como, preventivos, restrictivos, informativos, turísticos y de servicios.

De esta forma se puede decir que ahora se tiene el proceso constructivo de un Boulevard el cual explica a detalle los pasos y las normas a seguir para obtener un buen resultado final reflejado en la obra. Un proceso constructivo en una obra civil se compone también de cuatro etapas como:

- **Planeación:** Se ponen a punto todos los insumos necesarios, se verifica el procedimiento de trabajo y se asegura la captación del personal.
- **Ejecución:** Se realizan o hacen los trabajos previstos y se obtiene un producto.
- **Evaluación:** Los resultados se comparan contra las especificaciones del proyecto, las políticas y objetivos establecidos.
- **Verificación:** Se acepta o rechaza, los procesos.

Estas cuatro actividades son realizadas siempre bajo la vigilancia de un supervisor, este promueve el correcto funcionamiento de todas sus partes, teniendo siempre en mente que no alcanzar los estándares de calidad en cualquiera de estas actividades repercutirá al final del proceso afectando la calidad del proyecto.

El hilo conductor que conecta a los elementos principales, de todo el proceso constructivo son las normas de la (SCT) reflejando su calidad. Estas normas sirven de guía al proyectista, que al adoptarlas en su diseño hace obligatorio su cumplimiento ya que se convierten en especificaciones.

De esta manera se llega al fin de la construcción de un camino y de su calidad, por consiguiente la construcción debe hacerse de acuerdo con el proyecto y sus especificaciones y no de otra manera que resulte conveniente a los participantes, residentes de obra, constructores o supervisores de obra.

## CONCLUSIONES

Los pavimentos de concreto hidráulico han impactado cada día más en el área de las vías terrestres. La investigación que se realizó en base a las normas y procedimientos constructivos de esta obra permitió diseñar un buen proceso constructivo en la pavimentación con concreto hidráulico del Boulevard Industrial km 9+800 al km 10+900 de la ciudad de Uruapan, Michoacán., señalándose los aspectos a supervisar, evitar, corregir y conservar. Su finalidad final será aumentar o mínimo mantener la vida útil de diseño que se indicó en el proyecto de la vialidad, para esto es necesario conocer las conclusiones obtenidas en la presente investigación.

Se indica en primer instancia que el objetivo general de esta investigación fue elaborar una propuesta del proceso constructivo del Boulevard Industrial, planteado con el fin de establecer una metodología del proceso constructivo de un pavimento de concreto hidráulico por consiguiente este objetivo se ha cumplido ya que ahora existe esta propuesta la cual es práctica y puede ser consultada por cualquier persona relacionada con el área de la construcción llámense Arquitectos, Ingenieros Civiles, Técnicos en construcción, Contratistas, Supervisores del H. Ayuntamiento, etc. Así mismo también puede servir para el proceso constructivo de cualquier otra vialidad que se asemeje al proyecto dando como resultado una mayor vida útil de la vialidad y en la reducción de los costos de mantenimiento a lo largo de su uso ya que el mantenimiento será correctivo.

Tomando en cuenta los objetivos particulares era definir que es un proceso constructivo, ahora se entiende que es un procedimiento a seguir para llegar a la

realización de una obra de buena calidad. La normativa para la elaboración del proyecto es de vital importancia ya que las normas son las que limitan los estándares de un proceso constructivo, en el capítulo 5 se estudiaron a detalle y se siguieron al margen para llegar a la elaboración de un buen proceso constructivo en la obra. En el capítulo 2 se trató todo lo relacionado con el concreto asfáltico y concreto hidráulico, sus especificaciones, tipo de mezcla, durabilidad, etc. Dejando en mejor concepto el concreto hidráulico por su vida útil mayor con respecto al concreto asfáltico así como un menor mantenimiento a lo largo de su uso. El equipo y maquinaria empleada se ve a detalle en el capítulo 5 de este trabajo de investigación, seleccionando el adecuado en características y especificaciones de la normativa de la (SCT). para un buen desarrollo en la obra.

Refiriéndose a la pregunta de investigación de este trabajo que señalaba cual sería la propuesta de proceso constructivo idóneo para el tramo km 9+800 al km 10+900 del Boulevard Industrial, el proceso constructivo que deberá seguirse para la ejecución del proyecto estudiado se hace referencia con el catálogo de conceptos ubicado en el capítulo 5, el cual es el que indica los trabajos a realizarse en el orden necesario, da conocimiento de los volúmenes de material necesarios para la ejecución de la obra así como la normativa de la (SCT). en vigencia para usar los materiales y equipo necesarios para la elaboración del proyecto.

Cabe mencionarse que se encontraron hallazgos teóricos en la presente investigación, el más relevante es cómo la sociedad de Uruapan y el municipio se verán beneficiados ya que el pavimento de concreto hidráulico por su composición mecánica es difícil que sea dañado en un corto lapso de tiempo por los vehículos e intemperismo ambiental, esto reduce los costos de mantenimiento significativamente,

el tráfico vehicular se verá interrumpido en menor cantidad ya que no se estará dando mantenimiento constantemente, por consiguiente las losas de concreto hidráulico que se construyen y reciben las cargas de los vehículos son más duraderas que las carpetas de concreto asfáltico.

La normatividad de la (SCT). cumple un factor importante para la elaboración del proyecto ya que es la dependencia que especifica el tipo de material que debe de emplearse, la maquinaria y equipo correcto para obtener la calidad especificada en el proyecto, los señalamiento viales adecuados que la obra debe de anunciar para una buena captación de los usuarios que transiten por el Boulevard Industrial.

El fin y propósito de esta investigación es aportar datos técnicos a toda persona interesada en el proyecto o en un proyecto parecido como lo pueden ser estudiantes de Ingeniería Civil, Arquitectos, Ingenieros Civiles, personal técnico del ramo o profesional involucrado en el campo de las vías terrestres, por consiguiente se considera que se ha logrado cabalmente el proceso constructivo de un boulevard, el cual podrá servir de referencia en cuanto a la realización de un proyecto, de cambio de concreto asfáltico por concreto hidráulico. Se involucran datos técnico así como normas de construcción utilizadas por la (SCT).

## **BIBLIOGRAFÍA**

Arias Rivera Carlos. (1984)

Cuaderno de Trabajo de Comportamiento de Suelos.

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

Bañón Blázquez, Luis. (2010)

Manual de Carreteras.

Ed. Universal, Chile.

Crespo Villalaz, Carlos. (2004)

Vías de Comunicación.

Ed. Limusa. México.

Diario Oficial de la federación. (30.dic.1939)

Ley de Vías Generales de Comunicación.

Juárez Badillo, Eulalio (2008)

Mecánica de Suelos.

Ed. Limusa. México.

Frederick S. Merritt (2008)

Manual del Ingeniero Civil.

Ed. McGraw-Hill Interamericana.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2010)

Metodología de la Investigación.

Ed. McGraw-Hill, México.

Instituto Colombiano de Productores de Cemento.

Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto.

Ing. Jorge Coronado Iturbide. (Guatemala.nov.2002)

Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

Mendieta Alatorre, Ángeles. (2005)

Métodos de Investigación y Manual Académico.

Ed. Porrúa, México.

Mier Suárez. José Alfonso. (1987)

Introducción a la Ingeniería de Caminos.

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

Neville, Adam M; Brooks, J.J.

Tecnología del Concreto. (1998)

Editorial Limusa, México.

Olivera Bustamante, Fernando. (2006)

Estructuración de Vías Terrestres.

Ed. Continental. México.

Pérez Sepúlveda, Cristian. (2011)

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 inédita de la escuela de Ingeniería Civil, de la Universidad Don Vasco A.C., en la ciudad de Uruapan, Michoacán.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2004)

Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.

México.

Normativa para la Infraestructura del Transporte

Normativa SCT. Edición 2000

<http://ebenelda-uruapan.blogspot.com/2007/07medio-fisico-de-uruapan.html>

[www.Mexico.pueblosamerica.com](http://www.Mexico.pueblosamerica.com)