



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 PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA CALLE EFRÉN CAPIZ EN LA COLONIA VALLE DE LAS DELICIAS EN LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOCÁCAN.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Javier Sandoval Tapia.

Asesor:

I.C. Guillermo Navarrete Calderón.

Uruapan, Michoacán, 12 de Febrero del 2014.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimos y apoyándome en los momentos buenos y malos.

Quiero agradecer especialmente a mi madre Yaneth Zulma Tapia Serrato la cual fue la persona que me ha estado a mi lado en los momentos difíciles tanto de mi vida estudiantil como personal. Es para mí una madre y un padre al mismo tiempo y por ello ha hecho que todo esto sea posible. Sé que para ella no ha sido nada fácil y que ha tenido que pasar por muchos momentos difíciles y sacrificar muchas cosas para que yo pudiera estudiar la carrera de ingeniería civil y por ello doy gracias porque me ha sabido enseñar cómo resolver los retos que presenta la vida y a no dejarme vencer nunca.

También quiero agradecer al Sr. Enrique Martínez que a pesar de no conocerme personalmente me ha ayudado con los recursos económicos necesarios para que yo allá logrado concluir la carrera de ingeniería civil. Le doy gracias por haber puesto la confianza en mí y por hacerme saber que aún hay personas que tienen bondad y que quieren ayudar a las personas que más lo necesiten. Quiero hacerle saber que no lo defraudare y que saldré adelante desempeñando mi profesión con esfuerzo y dedicación.

ÍNDICE.

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del Problema.	3
Objetivo.	4
Pregunta de investigación.	4
Justificación.	5
Marco de referencia.	5

Capítulo 1.- Vialidades Urbanas.

1.1. Concepto de vialidades urbanas.	8
1.2. Antecedentes de las vialidades urbanas.	9
1.3. Uso de la vía pública.	10
1.4. Instalaciones para las conducciones subterráneas y aéreas en la vía pública.	16
1.5. Nomenclatura en una vialidad.	20
1.6. Dispositivos para el control de velocidad.	23
1.7. Señalamiento.	24

1.7.1. Señales preventivas.	. . . . .	27
1.7.2. Señales restrictivas.	. . . . .	29
1.7.3. Señales informativas.	. . . . .	32
1.8. Marcas en las vialidades.	. . . . .	33
1.9. Semáforos.	. . . . .	34

Capítulo 2.- Pavimentos.

2.1 Concepto de pavimento.	. . . . .	36
2.2 Tipos de pavimentos.	. . . . .	38
2.3. Capas de los pavimentos flexibles.	. . . . .	40
2.4. Asfaltos..	. . . . .	42
2.5. Carpetas asfálticas.	. . . . .	44
2.5.1 Materiales pétreos para carpeta asfáltica.	. . . . .	44
2.5.2 Carpetas por el sistema de riegos.	. . . . .	47
2.5.3 Carpetas de concreto asfáltico.	. . . . .	48
2.5.4 Riego de sello.	. . . . .	49
2.6 Tipos de fallas en los pavimentos flexibles .	. . . . .	50

2.7 Pavimentos rígidos.	54
2.8 Losas de concreto hidráulico.. . . .	57
2.9. Agrietamiento del concreto hidráulico.	59
2.10. Juntas de contracción.	60
2.10.1. Juntas de dilatación.	62
2.10.2. Juntas de construcción.	64
2.11. Tipos de fallas en los pavimentos rígidos.	65
2.12. Control de calidad en pavimentos rígidos.	67

Capítulo 3.- Resumen de macro y microlocalización.

3.1. Generalidades.. . . .	69
3.2.- Resumen ejecutivo.	70
3.3. Macrolocalización.	70
3.4.- Microlocalización.	72
3.5.- Hidrografía y clima.	74
3.6.- Informe fotográfico.	75

Capítulo 4.- Metodología.

4.1. Método científico.	88
4.1.1. Método matemático.	89
4.2. Enfoque de la investigación.	89
4.2.1. Alcance de la investigación.	90
4.3. Tipo de diseño de la investigación.	91
4.3.1. Investigación transeccional.	92
4.4. Instrumentos de recopilación de datos.	93
4.5. Descripción del proceso de investigación.	93

Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de resultados.

5.1.- Aforo vehicular.	95
5.2.- Levantamiento topográfico.	99
5.3.- Valor Relativo de Soporte (VRS).	101
5.4.- Diseño del pavimento rígido por el método PCA.	105

Conclusión.. . . .	125
---------------------------	------------

Bibliografía.. . . .	128
-----------------------------	------------

Anexos

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

Partiendo de lo dicho por Badillo y Rodríguez (2004), se puede entender por pavimento a la capa o conjunto de capas entre la subrasante y la superficie de rodamiento de cualquier obra vial, que tiene como finalidad proporcionar una superficie de rodamiento uniforme que sea resistente para el paso de los vehículos y a todos los agentes naturales que se presenten. Se sabe también que una vialidad urbana es todo espacio o camino que se encuentra destinado al libre tránsito tanto de vehículos como de personas, también conocido como calle.

En lo referente al diseño de pavimentos, se encontró en la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C., las siguientes investigaciones, una de ellas, titulada Diseño de la Estructura de Pavimento Rígido para el Boulevard Industrial del km 9+800 al 10+900 en la Ciudad de Uruapan, Michoacán, por Cristian Pérez Sepúlveda, 2011, cuyo objetivo es diseñar la estructura de un pavimento rígido que se base en los procedimientos idóneos para que dicha calle no se vea afectada constantemente, teniendo como conclusión un diseño de pavimento rígido idóneo para evitar constantes averías en ella, contando con espesor total de 33 cm a partir del terreno natural; También se cuenta con la investigación de Comparativo entre el Diseño de Pavimento Asfáltico e Hidráulico para el Proyecto Boulevard Paseo de la Revolución en Uruapan, Michoacán, hecha por César I. Madrigal Alarcón, 2003, en la que su objetivo principal es conocer cuál es el diseño idóneo para esta zona, teniendo como conclusión que el pavimento de concreto hidráulico es mucho más

costoso que el pavimento asfáltico pero con la probabilidad de que el costo por el mantenimiento del pavimento asfáltico sea mucho mayor; y por último se encontró la investigación de Propuesta de Pavimento Rígido para las Vialidades del Fraccionamiento Campestre Zumpimito 2da Etapa en la Ciudad de Uruapan, Michoacán, hecha por Joaquín Galván Sierra, 2012, cuyo objetivo es el diseñar una estructura de pavimento para este fraccionamiento basándose en los principales métodos de diseño para estas estructuras, teniendo como conclusión un diseño de pavimento rígido óptimo mediante el uso y compresión de uno de los métodos más utilizados en la actualidad y llegando a tres posibles propuestas.

Como menciona Badillo y Rodríguez (2004), desde la antigüedad se ha presentado el problema con la ejecución de obras de pavimentación que nos garantice el tránsito vehicular sin restricción alguna.

Las civilizaciones del Medio Oriente como Egipto, China, etc. y los imperios Inca y Maya dejaron grandes evidencias historias respecto al interés que tenían de hacer redes de caminos, con un gran grado de desarrollo. Tal es el ejemplo del Imperio Romano de cómo una red caminera bien construida y conservada puede ayudar a la conquista y el sostener un dominio universal.

Sin embargo, el auge del pavimento con el sentido actual de la palabra se ha venido evolucionando con la aparición del automóvil. Los pavimentos Romanos se conformaban de grandes bloques rocosos con acomodo estratégico, apoyados sobre el terreno natural, varios de estos pavimentos se han conservado hasta la actualidad.

Otras civilizaciones como los Incas y Mayas construyeron sus caminos aglutinando bloques de piedra con morteros naturales y afinando la superficie de rodaje.

El ingeniero Francés Tressaguet tuvo gran trascendencia al iniciar la construcción de pavimentos por capas ordenadas según el tamaño de sus partículas constitutivas. Sus ideas fueron más tarde utilizadas y mejoradas en Inglaterra por Telford y McAdam, quienes construyeron pavimentos con secciones.

Las fuertes cargas que se dan en la actualidad, el rápido tránsito y el número de sus repeticiones han sido razones para que las técnicas actuales en la construcción de pavimentos sufrieran una evolución significativa, con una definida tendencia al haber mejores bases teóricas que refuercen, justifiquen y permitan aplicar con un buen criterio, el ya muy grande conocimiento observacional que se va teniendo hasta la fecha. En base a esto se hace notar que la inversión nacional en obras de pavimentación constituye para cualquier país un renglón fundamental para un mejoramiento y un desarrollo urbano significativo.

Planteamiento del problema.

En la presente investigación se pretende utilizar una estructura de pavimento rígido para la calle Efrén Capiz en la colonia Valle de las Delicias en la ciudad de Uruapan, Michoacán, ya que dicha calle se encuentra en muy mal estado perjudicando a la población cercana y que necesitan de esta vía para transportarse a sus hogares, es necesario también ver que es peligroso trasladarse por ahí al no haber ninguna barrera peatonal ya que está al borde del río Cupatitzio.

Por lo anterior, cabe preguntarse ¿Cuál es el diseño idóneo de la estructura de pavimento rígido para la calle Efrén Capiz en la colonia Valle de las Delicias en la ciudad de Uruapan, Michoacán?

Objetivos.

Objetivo general.

Diseñar la pavimentación de la calle Efrén Capiz en la colonia Valle de las Delicias en la ciudad de Uruapan, Michoacán, con el propósito de dar solución al mal y peligroso traslado tanto de vehículos como de personas.

Objetivos particulares.

1. Definir el concepto de vialidad urbana.
2. Determinar el aforo vehicular del tramo en estudio.
3. Analizar los beneficios de que dicho pavimento se lleve a cabo.
4. Definir el concepto de pavimento rígido.
5. Diseñar un pavimento rígido.
6. Determinar la resistencia del pavimento idóneo.
7. Realizar un levantamiento topográfico.

Pregunta de investigación.

Se pretende conocer con claridad, ¿Cuál es el diseño óptimo de pavimento rígido de la calle Efrén Capiz en la colonia Valle de las Delicias en la ciudad de Uruapan, Michoacán?

Otras preguntas que se desean conocer sería el saber qué tipo de materiales son los mejores para la base y sub-base, que equipo es el necesario para que se lleve a cabo la obra, cuales son los principales tipos de vehículos que transitan por la calle Efrén Capiz, saber que personas se verían beneficiadas y el conocer si habría un desahogo de tráfico para las calles próximas.

Justificación.

La presente tesis tiene gran trascendencia al pretender elaborar una obra de pavimentación para mejorar el camino por el cual viven muchas personas, mejoraría el paso de los vehículos y de las personas aledañas al lugar teniendo una mejor comodidad y seguridad al transitar por el lugar. Beneficiaría a los alumnos de cualquier institución que consulten esta tesis ya que adquirirían conocimientos de cómo se elabora un diseño de pavimento rígido y quienes desean elaborar tesis similares podrían basarse en ella. Tendría trascendencia en lo personal porque se realizaría un proyecto que significaría el título de Ingeniero Civil y aclararía muchas dudas que se tienen al respecto.

Marco de referencia.

De acuerdo con www.inegi.com.mx (2013), los resultados para Censo de Población y Vivienda de 2005 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, se concluye que el municipio de Uruapan tiene una población total de 315,350 habitantes, de los cuales 152,442 son hombres y 162,908 son mujeres.

El municipio de Uruapan se localiza en la zona centro-occidente del estado de Michoacán, cuenta con una extensión territorial total de 954.17 kilómetros cuadrados que equivalen al 1.62% de la extensión total del estado. Dicho municipio se encuentra totalmente inmerso en el Eje Neovolcánico Transversal, por lo que su territorio es accidentado y montañoso, destacando los cerros Charanda, la Cruz, Jicalán y Magdalena, hacia el oeste. Se encuentra a una altura al nivel del mar de 417.9 msnm como mínima y una altura máxima de 1664 msnm.

La principal corriente del municipio es el río Cupatitzio, que nace en el territorio y fluye en sentido norte a sur, existen además los embalses de Caltzontzin, Salto Escondido y Cupatitzio y una cascada conocida como La Tzaráracua.

El clima del municipio de Uruapan es considerado uno de los más variados del estado de Michoacán pues se ve influenciado por las diferencias de altitud, a consecuencia de esto existen cinco tipos diferentes de clima. La zona norte tiene un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, en la zona central del municipio, la más elevada, tiene un clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano, en la misma zona central otro sector tiene clima semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, hacia el sur otra zona registra clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano y finalmente en el extremo sur del municipio el clima es clasificado como cálido subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual del territorio se encuentra dividida en tres zonas, la zona norte del municipio tiene un rango de 12 a 16 °C, la zona centro y sur tiene un promedio entre 16 y 24 °C, y finalmente dos porciones del extremo sur registran de 24 a 28 °C; un dato importante

es que el centro del municipio de Uruapan es una de las zonas que registran mayor promedio pluvial anual en el estado de Michoacán.

La calle Efrén Capiz se localiza al sur de la ciudad de Uruapan, Michoacán, se encuentra delimitada por la calle Norte y De Las Delicias en la colonia Valle De Las Delicias. Sobre la calle Norte, existe un puente conocido popularmente por los habitantes de la región como “puente del terror” por el cual pasa el río Cupatitzio. La calle Efrén Capiz se encuentra en mal estado y es de difícil acceso para un automóvil promedio, por esta razón la cruzan generalmente camionetas. Tiene una longitud aproximada de 1.2 km, se compone de terracería en un 90% y el otro 10% de pavimento en mal estado.

CAPÍTULO 1

VIALIDADES URBANAS

En el presente capítulo se darán a conocer los aspectos básicos de la estructura vial urbana, se mostrarán reglamentaciones que se deben aplicar para que una vialidad funcione correctamente y cumpla los requisitos establecidos en los reglamentos. Al consultar en el Reglamento de Construcción para Michoacán y observar que está muy limitado se basará principalmente en artículos dictados por el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF) y en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras (MDCTCC).

1.1. Concepto de vialidades urbanas.

En el art. 7 del RCDF se dice que “Vía pública es todo espacio de uso común que por disposición de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, se encuentra destinado al libre tránsito, de conformidad con la Ley y reglamentos de la materia, así como todo inmueble que de hecho se destine para ese fin.” (Arnal y Betancourt; 2005: 21)

Como se ve en la definición anterior, una vía pública es todo espacio que está destinado al libre tránsito y de uso común la cual no puede ser invadida por ninguna otra vivienda. En lo referente al transporte ya sea público o privado existen distintas conformaciones de caminos conocidas también como derecho de vía.

De acuerdo con Molinero y Sánchez (1998), se entiende por derecho de vía a la porción de vialidad o superficie de rodamiento por donde circulan las unidades de

transporte, incluyendo el peatón. Estos derechos de vía se presentan en tres variantes diferentes, pudiendo a lo largo de la vialidad presentar uno o varios tipos de derechos de vía, siendo los siguientes:

- Derecho de vía tipo C, el cual representa la vialidad en la que su superficie de rodamiento es compartida entre varios medios de transporte. Es decir, opera con tránsito mixto. Esta operación puede incluir tratos preferenciales como son la del transporte público.
- Derecho de vía tipo B, muestra una separación física longitudinal a través de elementos fijos, como son barreras o guarniciones. Sin embargo, se siguen manteniendo los cruces a nivel con otros vehículos así como con los peatones.
- Derecho de vía tipo A, esta muestra una separación física tanto longitudinal como vertical del derecho de vía, lo cual trae como consecuencia evitar cualquier interferencia entre vehículos y peatones. Este tipo puede presentarse de manera subterránea, elevada o a nivel y como ejemplo claro están los sistemas de metro que existen en diferentes ciudades, las autopistas urbanas para el caso del transporte privado y los sistemas de autobuses guiados de algunas ciudades.

1.2. Antecedentes de las vialidades urbanas.

De acuerdo con lo establecido en el Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras (1986), en los últimos 30 años se ha acelerado el desarrollo del sistema vial y la necesidad del uso de autotransporte se ha traducido

en un incremento considerable de los viajes por calles y carreteras, al tal grado que se ha tenido que depender de dispositivos de control de tránsito para la protección e información. Es tan grande tal dependencia que es indispensable el uso de dispositivos para obtener el máximo rendimiento de cualquier camino ya sea para grandes autopistas tanto para caminos viales. Esta necesidad de dispositivos uniformes es importante tanto en esfera nacional como internacional.

“En América, casi desde que se inició la construcción de caminos, las señales de tránsito han seguido las normas usadas en los Estados Unidos, de acuerdo con recomendaciones del Comité Nacional de Leyes y Reglamentos Uniformes de Tránsito encabezado por la Oficina de Caminos Públicos de los Estados Unidos.” (MDCTCC; 1986: 7)

En México, varias de las entidades federativas iniciaron el uso del mismo sistema pero con ligeras modificaciones desde 1957. Debido a esta innovación con la falta de un acuerdo nacional originó la utilización de una variedad extensa de señales, entre las que se tomaba como base muchas de las usadas por Estados Unidos y las de la proposición de la ONU.

1.3. Uso de la vía pública.

Según el art. 8 del RCDF “No se expedirá constancia de alineamiento y número oficial, licencia de construcción especial, orden, autorización, ni registro de manifestación de construcción, para instalación de servicios públicos en predios frente a la vía pública de hecho o aquella que se presuma como tal.” (Arnal y Betancourt; 2005: 22)

Se ve claramente que para construir cualquier calle es necesario contar con una licencia y cumplir con todos los requisitos anteriores para su autorización, este artículo tiene como objetivo dar un orden urbano para así tener una adecuada administración. Se ve en la Fig. 1.1 un ejemplo de ello.



Fig. 1.1.- Vía pública no oficial.

Fuente: Arnal y Betancourt; 2005: 23.

En el art. 10 del RCDF se señala que “Se requiere de autorización de la administración para:

- I. Realizar obras, modificaciones o reparaciones en la vía pública;
- II. Ocupar la vía pública con instalaciones de servicio público, comercios semifijos, construcciones provisionales o mobiliario urbano.

III. Romper el pavimento o hacer cortes en las banquetas y guarniciones de la vía pública para la ejecución de obras públicas o privadas, y

IV. Construir instalaciones subterráneas o aéreas en la vía pública” (Arnal y Betancourt; 2005: 24) Como se aprecia en la siguiente fig. 1.2.

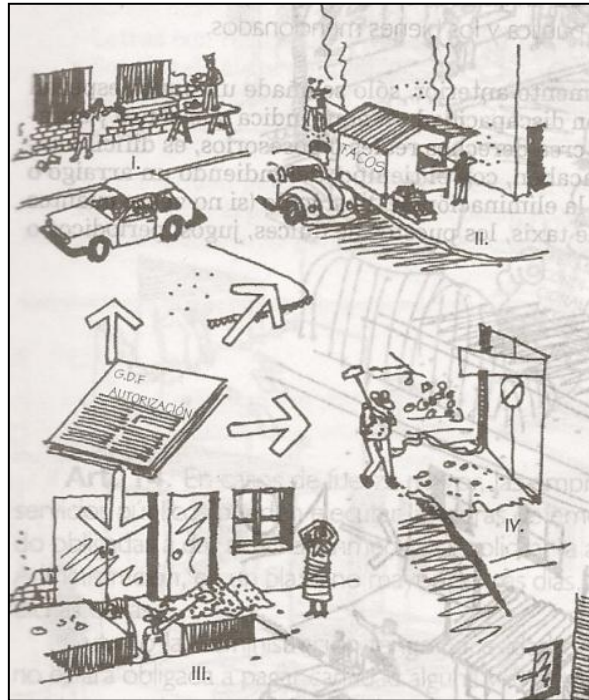


Fig. 1.2.- Modificaciones y reparaciones.

Fuente: Arnal y Betancourt; 2005: 25.

Según el art. 11 del RCDF “No se autorizará el uso de la vía pública en los siguientes casos:

- I. Para aumentar el área de un predio o de una construcción;
- II. Para obras destinadas a actividades o fines que ocasionen molestias a los vecinos tales como la producción de polvos, humos, malos olores, gases, ruidos y luces intensas;

III. Para conducir líquidos por su superficie;

IV. Para depósitos de basura y otros desechos, salvo autorización expresa de la Autoridad con base en lo establecido en la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal y en las normas Ambientales aplicables;

V. Para construir o instalar cualquier elemento, obra o establecimiento fijo o semifijo, que no se observe las restricciones establecidas en este Reglamento y demás disposiciones aplicables;

VI. Para construir o instalar sin autorización de la Administración, obstáculos fijos o semifijos como lo son, postes, puertas o cualquier elemento que modifique, limite o restrinja el libre tránsito tanto vehicular como de transeúntes, y

VII. Para aquellos otros fines que la Administración considere contrarios al interés público.” (Arnal y Betancourt; 2005: 24,25) Se observa a continuación de manera gráfica dichos puntos:

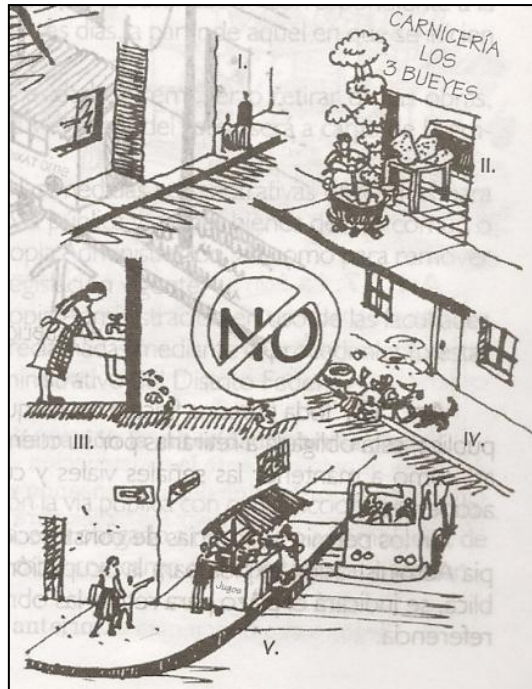


Fig. 1.3.- Uso de la vía pública.

Fuente: Arnal y Betancourt; 2005: 25.

En el art. 17 del RCDF señala que “La Administración establecerá las restricciones para la ejecución de rampas en guarniciones y banquetas para la entrada de vehículos, así como las características, normas y tipos para las rampas de servicio a personas con discapacidad y ordenará el uso de rampas móviles cuando corresponda.” (Arnal y Betancourt; 2005: 28)

De acuerdo con Arnal y Betancourt (2005), es importante tomar el caso de la reparación en banquetas por parte de particulares donde es de vital importancia la construcción de rampas para personas con discapacidad. Se debe ir pensando también en otro tipo de discapacitados y algunos otros sistemas de seguridad para atravesar las calles principalmente para:

- Los confinados a sillas de ruedas.
- Los que caminan con dificultad con muleta o prótesis.
- Ciegos o con deficiencia visual.

En todos estos casos se recomendaría lo siguiente:

- Letras con realce o sistema braile en las esquinas para indicar las calles, sentido del tráfico, etc.
- Señales de aviso del tráfico, audibles, conectadas al sistema de semáforos.
- Cambio de materiales en la textura en aproximaciones a los cruces o las entradas a edificaciones.
- Normatividad para las sillas de ruedas en estacionamientos y banquetas

En esta última recomendación sería viable en estacionamientos y banquetas como mínimo un ancho de 1.50 m y una pendiente no mayor de 5%. A continuación se mostrará gráficamente en la fig. 1.4:

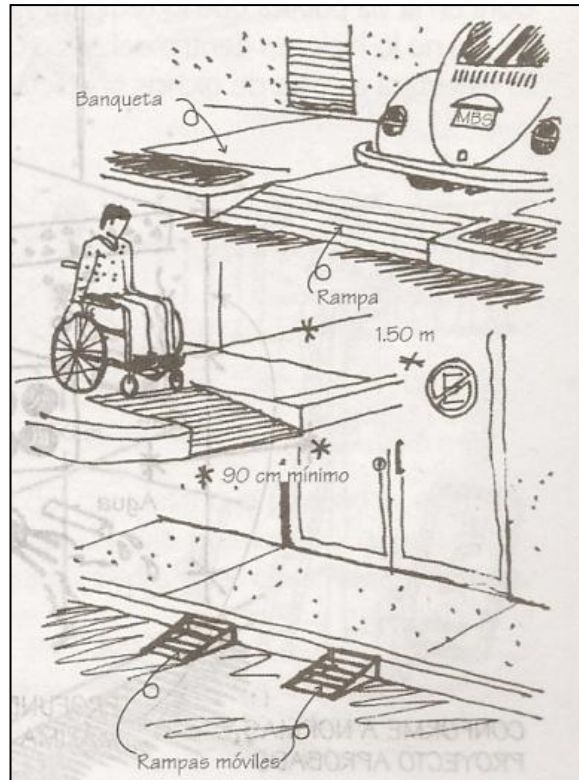


Fig. 1.4.- Rampas en banquetas.

Fuente: Arnal y Betancourt; 2005: 29.

1.4. Instalaciones para las conducciones subterráneas y aéreas en la vía pública.

En el art. 18 del RCDF se dice que “Las obras para la instalación, mantenimiento o retiro de ductos para la conducción de toda clase de fluidos, telecomunicadores, energía eléctrica y cualesquiera otros en el subsuelo de la vía pública y espacios de uso común del dominio del Distrito Federal, se sujetan a las siguientes disposiciones:

I. Previo a la expedición de la licencia de construcción especial correspondiente por parte de la Delegación, los interesados deben presentar el proyecto ejecutivo de la

obra desarrollado conforme a las Normas, ante la Secretaría de Obras y Servicios, para su estudio y en su caso, obtener el visto bueno. Esta Secretaría definirá las zonas que por razones técnicas tengan que realizarse con sistemas especiales y aprobará el procedimiento constructivo presentado, y

II. Deben contar con las autorizaciones federales correspondientes, en zonas de monumentos arqueológicos.” (Arnal y Betancourt; 2005: 30)

Partiendo de lo dicho por Arnal y Betancourt (2005), se añaden disposiciones completas, previos a los permisos que otorga la Delegación, para obtener vistos buenos por parte de la Secretaría de Obras y Servicios, esto tiene como finalidad ir levantando planos de dichas instalaciones y detectar en que lugares pasan por debajo del suelo para con esto tener un mapa completo de la subciudad. A continuación se muestra una imagen para reforzar lo dicho en la fig. 1.5:

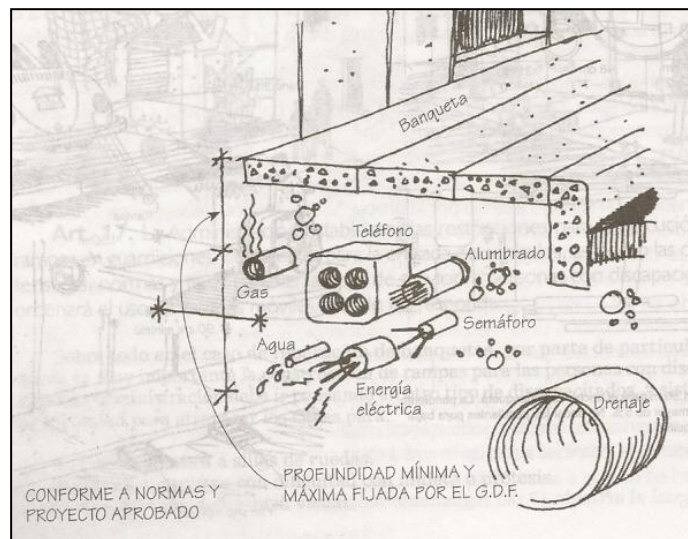


Fig. 1.5.- Mapa subterráneo.

Fuente: Arnal y Betancourt; 2005: 30.

Según el art 19 del RCDF “Todas las instalaciones aéreas en la vía pública que estén sostenidas por estructuras o postes colocados para ese efecto deben satisfacer, además de los requisitos señalados en las fracciones I y II del artículo 18, las siguientes disposiciones:

I. Los cables de retenidas y las ménsulas, las alcayatas, así como cualquier otro apoyo para el ascenso a las estructuras, postes o a las instalaciones, deben colocarse a no menos de 2.50 m de altura sobre el nivel de banqueta, y

II. Las estructuras, postes e instalaciones deben ser identificadas por sus propietarios o poseedores con una señal que apruebe la Secretaría de Obras y Servicios y están obligados a conservarlos en buenas condiciones de servicio y a retirarlos cuando dejen de cumplir su función.” (Arnal y Betancourt; 2005: 31,32) Se muestra a continuación las figuras 1.6 y 1.7 para dar una idea más clara.

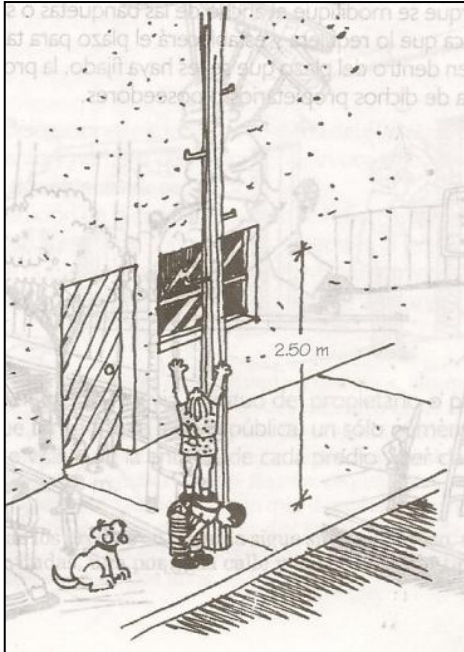


Fig. 1.6.- Altura para postes.

Fuente: Arnal y Betancourt; 2005: 31



Fig. 1.7.- Identificación a postes

Fuente: Arnal y Betancourt; 2005: 32

En el art 20 del RCDF señala que “La Administración podrá ordenar el retiro o cambio de lugar de estructuras, postes o instalaciones por cuenta de sus propietarios o poseedores, por razones de seguridad o porque se modifique el ancho de las banquetas o se ejecute cualquier obra en la vía pública que lo requiera y establecerá el plazo para tal efecto.

Si no lo hicieren dentro del plazo que se les haya fijado, la propia Administración lo ejecutará a costa de dichos propietarios o poseedores. No se permitirá colocar estructuras, postes o instalaciones en banquetas, cuando con ellos se impida la entrada a un inmueble o se obstruya el servicio de una rampa para personas con discapacidad, así como el libre desplazamiento de éstas en las banquetas. Si el acceso al predio se construye estando ya colocados la estructura,

el poste o la instalación, deberán ser cambiados de lugar por el propietario de los mismos, pero los gastos serán por cuenta del propietario del inmueble.” (Arnal y Betancourt; 2005: 32,33)

Se ve claramente como la Administración puede ordenar un retiro o cambio de lugar cuando ella lo requiera por cualquier motivo de cambios o remodelaciones en la vía pública y si los propietarios o poseedores no lo hacen dentro del tiempo dado la Administración lo hará a costa de los propietarios o poseedores. Señala también que se tiene que respetar el libre desplazamiento tanto de las personas discapacidades como del libre tránsito. A continuación se muestra lo dicho, mediante la figura 1.8:



Fig. 1.8.- Retiro de estructuras.

Fuente: Arnal y Betancourt; 2005: 32.

1.5. Nomenclatura en una vialidad.

Se ve en el art 21 del RCDF dice que “La secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda establecerá la nomenclatura oficial para la denominación de la vía pública,

parques, jardines, plazas y predios en el Distrito Federal. Las placas de nomenclatura constituyen mobiliario urbano, por lo que se rigen por el reglamento de la materia.” (Arnal y Betancourt; 2005: 33)

Con base en lo dicho por el Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras (1986), todas las señales de tránsito deberán cumplir con los requisitos establecidos en dicho manual. Todos aquellos señalamientos deberán mantenerse en un sitio y bajo condiciones óptimas de visibilidad y conservación para que den el uso correcto a los usuarios.

Si algún usuario es sorprendido destruyendo, inutilizando, apagando, hurtado o cambiado algún señalamiento de acuerdo a los lineamientos de la Ley de Vías Generales de Comunicación se le impondrán quince días a seis años de prisión y una multa de \$ 10.00 a \$ 5,000 pesos.

En el art 22 del RCDF señala que “La Delegación, previa solicitud del propietario o poseedor, asignará para cada predio que tenga frente a la vía pública. Un sólo número oficial que debe colocarse en la parte visible de la entrada de cada predio y ser claramente legible a una distancia mínima de 20 m.” (Arnal y Betancourt; 2005: 33)

Se debe contar con este artículo para que pueda ser útil para cualquier ciudadano poder ver con claridad el número de alguna propiedad o lugar (como se ve en la fig. 1.9), es importante mencionar que si la propiedad o lugar cuenta con 2 entradas y en calles distintas deberá contar con estos números por ambos lados.

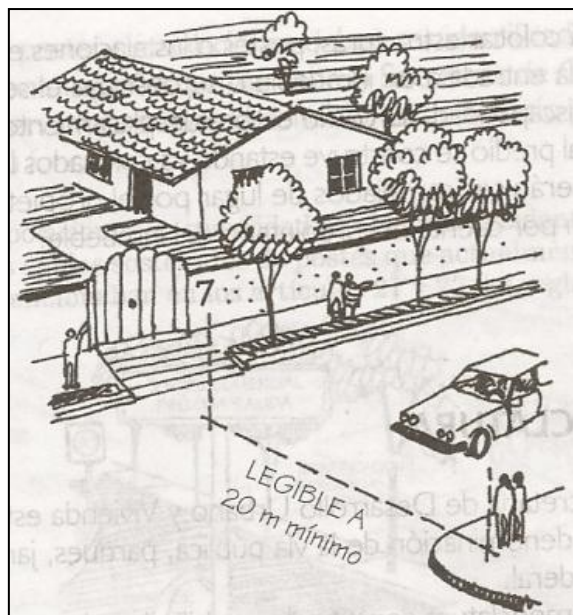


Fig. 1.9.- Numeración.

Fuente: Arnal y Betancourt; 2005: 34.

El art 23 del RCDF dice que “La Delegación podrá ordenar el cambio del número oficial para lo cual lo notificará al propietario o poseedor, quedando éste obligado a colocar el nuevo número en el plazo que se le fije, pudiendo conservar el anterior 90 días naturales más. La Delegación notificará dicho cambio al Servidor Postal Mexicano, a la Tesorería del Distrito Federal, a la Tesorería del Distrito Federal, al Registro Público de la Propiedad y de Comercio, a fin de que se hagan las modificaciones necesarias en los registros correspondientes, con copia al propietario o poseedor” (Arnal y Betancourt; 2005: 34), según se ve en la siguiente figura:



Fig. 1.10.- Cambio de numeración.

Fuente: Arnal y Betancourt; 2005: 34.

1.6. Dispositivos para el control de velocidad.

Como dice el MDCTCC (1986), las necesidades que se han venido presentando para controlar la velocidad ha sido instalar la señal SR-9 que tiene como finalidad indicar el límite de velocidad permitido para un vehículo en una carretera o vía urbana con seguridad; sin embargo, la velocidad indicada generalmente no es respetada por los usuarios, provocado por la falta de vigilancia y la falta de educación vial, lo que ha incrementado considerablemente el uso de topes que son construidos por los propios habitantes de las poblaciones.

Las condiciones que han hecho posible la construcción de topes, han sido básicamente la circulación a altas velocidades en zonas urbanas y suburbanas,

ocasionando el atropellamiento de peatones, estas situaciones de inseguridad son propiciadas principalmente por la irresponsabilidad de los conductores que no respetan los límites de velocidad indicada. A manera de resumen se presentan los tipos de conflicto a resolver:

- Cruce de peatones.
- Aproximación a zona urbana.
- Intersección próxima.
- Curva cerrada.
- Pendiente pronunciada descendente.

Se pretende cubrir cada uno de los conflictos, considerando todos los factores operacionales, así como los dispositivos de control de tránsito a utilizar para cada una de las soluciones, pudiendo utilizarse algunos de los siguientes elementos como señales restrictivas, señales preventivas, señales informativas, rayas para el cruce de peatones, señalamiento horizontal complementario, etc.

1.7. Señalamiento.

“Las señales son tableros fijados en postes, con símbolos, leyenda ó ambas cosas, que tienen por objeto prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de peligros, su naturaleza, la existencia de determinadas restricciones ó

prohibiciones que limiten sus movimientos sobre el camino y proporcionarle la información necesaria para facilitar su viaje.” (Mier; 1987: 246)

Como cita Mier (1987), todo usuario de los caminos y de las calles de las ciudades han tenido que depender cada día más de la existencia de dispositivos de control del tránsito; por tal motivo, desde 1929 se ha discutido la necesidad de establecerlos en todo el continente Americano y en 1952 la Organización de las Naciones Unidas (ONU) preparó un proyecto de convención para un sistema invariable de señales, del cual México tomó las que más se adaptaban de acuerdo a las necesidades con que contaba creando así un Manual de Tránsito en Calles y Carreteras. Dicho manual tiene como finalidad el permitir facilitar el tránsito entre los países que lo visiten mediante un sistema de fácil comprensión, que independientemente del idioma del visitante logre entender a la perfección los señalamientos de modo que sea de manera efectiva en todo el país.

Los dispositivos del control de tránsito deben cumplir con 4 requisitos fundamentales:

- Llamar la atención de modo que no pase desapercibido el señalamiento.
- Transmitir un mensaje claro.
- Imponer respeto a los usuarios del camino y localizarse en un lugar estratégico para así dar tiempo de reaccionar.
- Satisfacer una necesidad importante.

Para que estos requisitos se cumplan debe de asegurarse cuatro consideraciones básicas las cuales son proyecto, ubicación, uniformidad y

conservación. El proyecto de las señales debe combinar de manera correcta el tamaño, contraste, colores, forma, composición e iluminación, esto con la finalidad de llamar la atención del conductor, teniendo un significado de fácil entendimiento, dando el tiempo suficiente para reaccionar e imponiendo respeto por su uniformidad, racionalidad, tamaño y legibilidad. La señal debe estar sin excepción en el cono visual del conductor para atraer su atención, facilitando su lectura e interpretación de acuerdo con la velocidad que lleva el vehículo.

Debe recordarse que el tránsito se genera principalmente en las ciudades y no en zona rural, para esto es recomendable hacer un estudio de ingeniería de tránsito y con esto colocarlos adecuadamente, sin caer en un número excesivo de señales. Las señales se deben instalar a una altura y distancia lateral determinada las cuales se muestran a continuación:

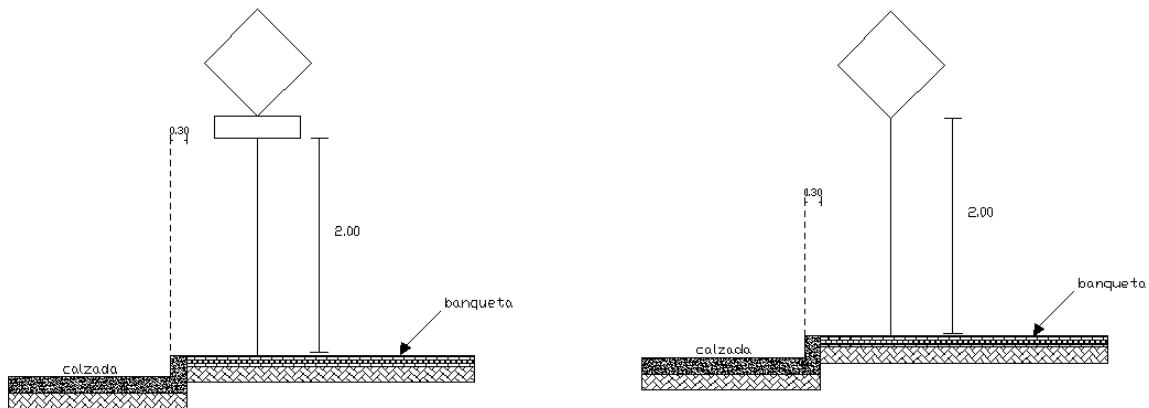


Fig. 1.11.- Señales de tránsito.

Fuente: Mier; 1987: 247.

1.7.1. Señales preventivas.

Como menciona el MDCTCC (1986), las señales preventivas son tableros fijados en postes, conformados por símbolos que tienen con finalidad prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de algún peligro en el camino y su naturaleza.

Partiendo por lo mencionado por Mier (1987), las señales preventivas se usan también para indicar cambios de alineamiento horizontal, intersecciones de caminos o calles, reducción o aumento en el número de carriles, cambios del ancho del pavimento, pendientes peligrosas, condiciones deficientes en la superficie de rodamiento, escuelas y cruces de peatones, cruces de ferrocarril, accesos a vías rápidas, posibilidad de encontrar ganado en el transcurso del camino, aproximación de un semáforo y cualquier otra circunstancia que represente algún peligro.

Sus tableros son cuadrados conformados por una diagonal vertical, y los tamaños recomendados están indicados en la siguiente tabla:

Dimensiones. (cms).	Lámina comercial Conveniente para un Desperdicio mínimo. (cms.)	Uso
60x60 (sin ceja)	122x244	Caminos estatales y urbanos.
71x71 (con ceja)	152x305	Caminos federales y vías rápidas urbanas.
86x86 (con ceja)	91x183	Caminos de alta velocidad y autopistas,
117x117 (con ceja)	122x244	Caminos de alta velocidad y autopistas.

Tabla 1.1.- Tamaños recomendables para señales.

Fuente: Mier; 1987: 248.

Partiendo por lo mencionado en el MDCTCC (1986), el tablero de las señales deberá quedar sin acepción en posición vertical, a 90° con respecto al eje del camino. Sus colores deberán ser, amarillo para el fondo y negro para los símbolos, caracteres y filete. En aquellos caminos de tipo especial, en vías cuyo acceso es controlado y en protección de obras, el fondo de la señal deberá ser siempre reflejante. Las señales preventivas se colocarán a una distancia que dependerá de la velocidad, como se muestra en la siguiente tabla:

Velocidad Km/h	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Distancia m	30	40	55	75	95	115	135	155	175

Tabla 1.2.- Distancia en señales.

Fuente: MDCTCC; 1986: 31.

Se muestran a continuación en las figuras 1.12 y 1.13 las señales preventivas principales.



Fig. 1.12.- Señales preventivas.

Fuente: MDCTCC; 1986: 15.



Fig. 1.13.- Señales preventivas.

Fuente: MDCTCC; 1986: 15.

1.7.2. Señales restrictivas.

En lo mencionado por Mier (1987), las señales restrictivas tienen por objetivo indicar al usuario ya sea peatonal o vehicular la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el tránsito. Se usan principalmente para reglamentar el derecho de paso, el movimiento a lo largo del camino, los

movimientos direccionales, las limitaciones de dimensiones y peso de vehículos, la prohibición de paso a cierto tipo de vehículos, las restricciones a los peatones, las limitaciones de estacionamiento, entre otras.

Excepto las de ALTO y CEDA EL PASO, todas son de forma rectangular, contando con una mayor dimensión en sentido vertical. La señal de ALTO es de forma octagonal y la de CEDA EL PASO está conformado por un triángulo equilátero con un vértice hacia abajo. La señal de ALTO está conformada por un fondo rojo mate con letras y filete blancos; por otro lado la señal CEDA EL PASO tiene fondo blanco, una franja perimetral roja y leyenda en negro, preferentemente reflejantes. A diferencia de las otras señales que tienen fondo blanco, filete negro, anillo rojo, letras, números y símbolos en negro.

El uso de la señal ALTO deberá determinarse con un estudio cuidadoso de acuerdo a las condiciones locales del tránsito; que generalmente puede colocarse en el cruce de dos caminos principales, en el cruce a nivel de un camino con un ferrocarril y en cualquier otra intersección urbana en donde haya una alta posibilidad de accidente. Algunas de las situaciones en donde se piense que es necesaria una señal de ALTO pueden solucionarse con la señal de SEDA EL PASO.

La señal de SEDA EL PASO se propone en la intersección de un camino con otro secundario ó con una calle, cuando existe la necesidad de señalar que el primero tiene preferencia de paso, pero que al haber suficiente visibilidad no es necesario que el vehículo se pare por completo. Siempre se colocará sobre una vía

de menor volumen de tránsito. Se mostrará a continuación en las figuras 1.14 y 1.15 las señales restrictivas.



Fig. 1.14.- Señales restrictivas.

Fuente: MDCTCC; 1986: 17.



Fig. 1.15.- Señales restrictivas.

Fuente: MDCTCC; 1986: 17.

1.7.3. Señales informativas.

Como menciona el MDCTCC (1986), las señales informativas son tableros fijados en postes conformadas con leyendas o símbolos, que tienen como finalidad guiar al usuario a lo largo de su itinerario por calles y carreteras para así informarle sobre nombres e ubicaciones de poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometrajes y ciertas recomendaciones necesarias.

Con base en lo mencionado por Mier (1987), las señales informativas se clasifican en cuatro grupos:

- De identificación, se utilizan para identificar los caminos según el número asignado y su forma es de escudo; las flechas que la complementan se usan en conjunto con los escudos para indicar el sentido de un camino.
- De destino, que sirve para indicar el nombre de las poblaciones, pueden ser usadas en varias ocasiones.
- De servicios, que identifican lugares donde se prestan determinados servicios como lo son gasolineras, puestos de socorro, teléfonos, etcétera.
- De información general, las cuales identifican lugares, ríos, puentes, poblaciones, nombres de calles, sentidos del tránsito, desviaciones, postes de kilometraje, lugares de interés turístico, histórico ó artesanal, etcétera.

Todas las señales informativas son de forma rectangular, con una mayor dimensión horizontal, excepto por los escudos, las señales de servicios y los postes de kilometraje tienen una mayor dimensión en sentido vertical. Deben ser de fondo

blanco en acabado mate, con filete, leyenda, flechas y números en negro. Las señales de servicio están conformadas por un marco azul y símbolo negro, dentro de un cuadro blanco, deben tener un máximo de tres palabras por renglón y en ningún caso más de tres renglones. A continuación se mostrarán algunas de las señales informativas y de servicios en la fig. 1.16.

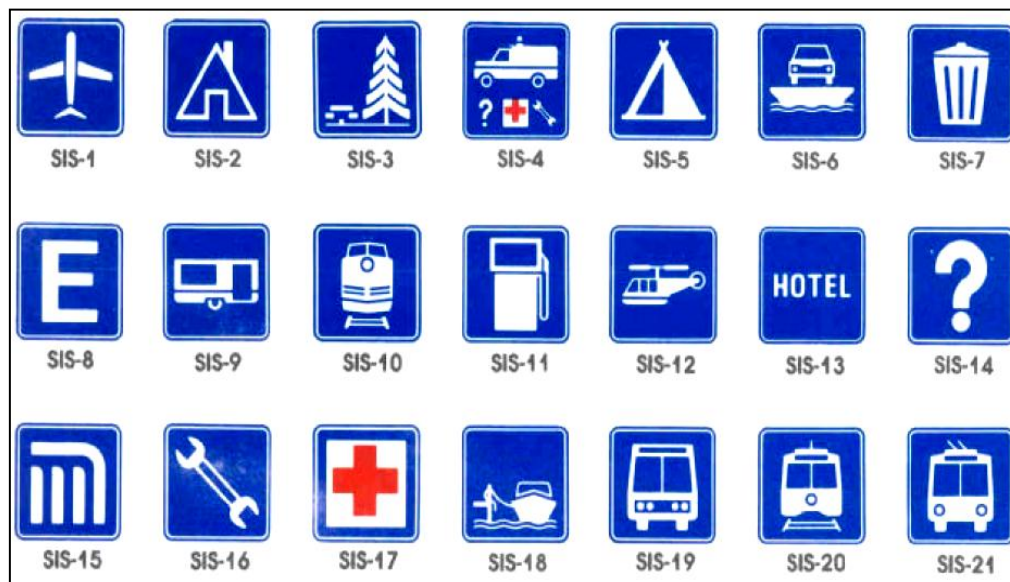


Fig. 1.16.- Señales informativas.

Fuente: MDCTCC; 1986: 25.

1.8. Marcas en las vialidades.

Según Mier (1987), las marcas en vialidades son las rayas, símbolos y letras que se pintan y colocan sobre pavimentos, estructuras o guarniciones para indicar los riesgos, regular o canalizar el tránsito ó complementar las indicaciones de otras señales. Las cuales se clasifican en:

- Marcas en el pavimento, como lo son rayas centrales, rayas separadoras de carriles, rayas en las orillas de la carpeta, rayas canalizadoras, rayas de parada, rayas para el cruce de peatones, rayas de aproximación de obstáculos, marcas para el cruce de ferrocarriles, marcas para estacionamiento y marcas para darle uso adecuado a los carriles.
- Marcas en guarniciones para la prohibición de estacionamiento o marcas en obstáculos dentro de la superficie de rodamiento.
- Indicadores de algún peligro y de alineamiento, conocidos generalmente como fantasmas que son postes de concreto con una franja de material reflejante colocada en su extremo superior.

Para mejorar la visibilidad de las marcas, en la noche o en ciertas condiciones que sean desfavorables, se utilizan micro-esferas de vidrio adheridas a la pintura; en zonas urbanas pueden utilizarse tachuelas metálicas como lo son de vidrio o de plástico, en lugar de usar la raya continua pintada en el pavimento.

1.9. Semáforos.

Retomando lo dicho por Mier (1987), los semáforos son dispositivos electrónicos que sirven para regular y dirigir el tránsito tanto de vehículos como de peatones en calles y caminos por medio de tres luces que generalmente son de color rojo, amarillo y verde, aunque también puede agregarse una más con una flecha verde para indicar circulaciones de frente, vuelta a la izquierda o derecha.

Los semáforos tienen gran ventaja si se instalan y funcionan correctamente, ya que con esto representan una economía considerable respecto a indicaciones manuales que son hechas por agentes de tránsito, pero no con esto significa que serán la solución para todos los problemas, ya que si se instalan de manera excesiva o cuando no sean necesarios, resultan inoperantes; muchas de estas instalaciones se han proyectado de manera errónea, teniendo como consecuencia una pérdida de tiempo, accidentes, desobediencia de las indicaciones y preferencias por rutas alternas. Los semáforos se clasifican en:

- Semáforos para regular el tránsito de vehículos que pueden ser de tiempo fijo o accionados por el tránsito.
- Semáforos para peatones.
- Semáforos espaciales, entre los que se encuentran los de destello, de control de circulación por carriles, de control de tránsito en accesos a puentes levadizos y semáforos y barreras para pasos de ferrocarriles.

CAPÍTULO 2

PAVIMENTOS

En el presente capítulo se entenderán cuáles son los tipos de pavimentos que existen, así como las características principales de cada uno de ellos para utilizarlos de una manera correcta de acuerdo al tipo de terreno en el que se quieran utilizar. Se mencionarán métodos para la conservación de pavimentos o restauración de ellos para darle un uso adecuado y una vida útil duradera.

2.1. Concepto de pavimento.

Partiendo de lo mencionado por Badillo y Rodríguez (2004), se entiende por pavimento a la capa o conjunto de capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento de cualquier obra vial, la cual tiene como finalidad proporcionar una superficie de rodamiento uniforme y estable, resistente al tránsito de los vehículos, el intemperismo ocasionado por los agentes naturales y a cualquier otro agente que provoque algún daño.

Por otro lado, de acuerdo con Olivera (2006), se define como pavimento al conjunto de capas de materiales que reciben de forma directa las cargas del tránsito y las cuales se distribuyen de una forma adecuada a las capas inferiores. Proporcionan también a la superficie de rodamiento en donde se debe tener una operación de manera eficaz, rápida y cómoda.

O bien, partiendo de lo dicho por Rico y Del Castillo (1994), un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales debidamente

apropiados, comprendidas entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, con color y textura apropiados, resistente a la acción de tránsito, a la del intemperismo y entre muchos otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

El pavimento es la superestructura de la obra vial, que hace posible el tránsito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstos en el proyecto. La estructura o disposición de los elementos que lo conforman, así como las características de los materiales empleados en su construcción, ofrecen gran variedad de posibilidades, de tal manera que puede estar formado por una sola capa o más comúnmente por varias que pueden ser de materiales naturales seleccionados, sometidos a diversos tratamientos. La superficie de rodamiento puede ser una carpeta asfáltica, una losa de concreto hidráulico o estar formada por acumulaciones de materiales pétreos compactados.

Como se indica en las definiciones de pavimento, éste proporciona la superficie de rodamiento para que se efectúe el tránsito de los vehículos que debe realizarse de manera rápida y cómoda. Estas dos últimas cualidades son circunstanciales, ya que dependen en gran parte al tipo de camino que se trate; así, en el caso de una autopista de cuota, los usuarios exigen a sus vehículos altas velocidades, quizás mayores a los 80 km/h con un alineamiento vertical y horizontal que les dé seguridad y comodidad.

En base a estudios sobre las teorías de esfuerzos y a las medidas de campo que se han venido realizando, los materiales con que se construyen los pavimentos deben ser de una calidad óptima para que puedan resistir y por esta misma razón, a medida que las capas se localizan a mayor profundidad pueden correr el riesgo de tener una calidad menor, que esté en relación al nivel de esfuerzos que se reciban. En base a ello los pavimentos deben transmitir los esfuerzos a las capas inferiores, convenientemente distribuidos con la finalidad de que estas los puedan resistir.

2.2. Tipos de pavimentos.

De conformidad con Olivera (2006), existen dos principales tipos de pavimentos: los flexibles y los rígidos; en los primeros, la superficie de rodamiento esta proporcionado por una carpeta asfáltica y la distribución de todas las cargas proporcionadas por los vehículos hacia capas inferiores se generan por características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales, con esto la carpeta asfáltica se somete a pequeñas deformaciones de capas inferiores, sin que se rompa la estructura las capas que conforman un pavimento flexible son: carpeta asfáltica, base y subbase, las cuales se construyen sobre la capa subrasante. Se ve en la fig. 2.1 un ejemplo de ello.

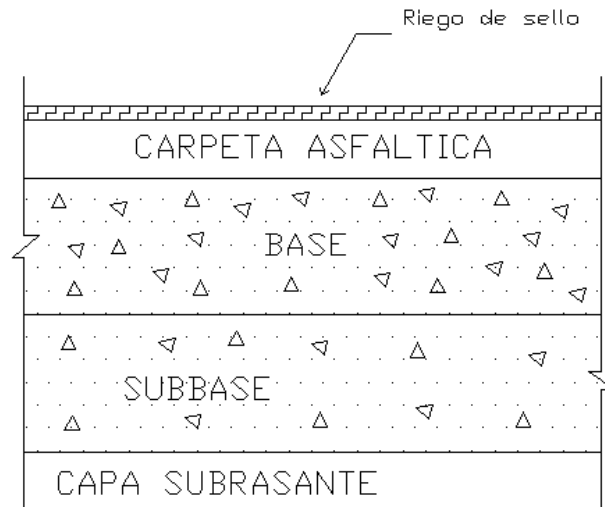


Fig. 2.1.- Capas de un pavimento flexible.

Fuente: Olivera; 2006: 18.

El otro tipo de pavimento es conocido como pavimento rígido en el cual la superficie de rodamiento está conformada por losas de concreto hidráulico que distribuyen las cargas de los vehículos, hacia capas inferiores, por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas. Este tipo de pavimento no permite deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Aunque en teoría las losas de concreto hidráulico pudieran colocarse directamente sobre la subrasante, es necesario la construcción de una capa de subbase para evitar que los finos suban hacia la superficie de rodamiento al momento de que pasen los vehículos, lo cual provocaría fallas de esquina o de orilla en la losa. En resumen la sección transversal de un pavimento rígido está formada por una losa de concreto hidráulico y la subbase las cuales se construyen sobre la capa subrasante. A continuación se muestra en la fig. 2.2:

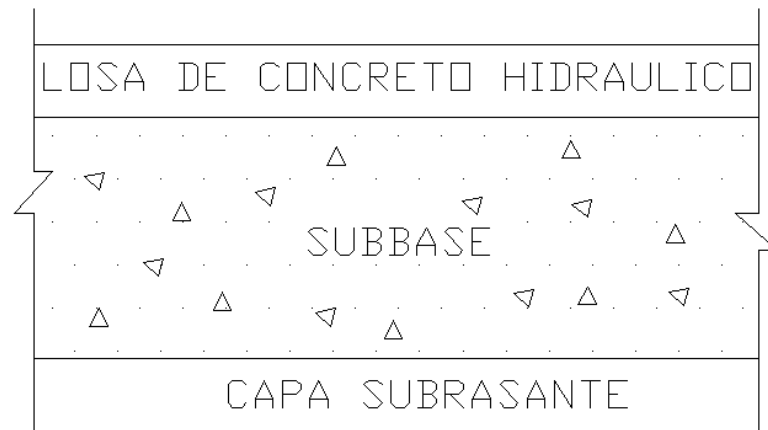


Fig. 2.2.- Capas de un pavimento rígido.

Fuente: Olivera; 2006: 18.

2.3. Capas de los pavimentos flexibles.

Según lo mencionado por Badillo y Rodríguez (2004), los pavimentos flexibles se componen por distintas capas las cuales tienen una función específica, a continuación se mostrará a detalle cada una de ellas.

Sub-base: para muchos, una de las principales funciones de esta capa en un pavimento flexible no es más que de carácter económico. Se trata de formar un espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Se sabe que todo el espesor podría ser construido con un material de la mejor calidad, como el usado en la base, pero es recomendable hacer aquella más delgada y sustituirla en parte por una sub-base de menor calidad, aún cuando esto traiga consigo un aumento en el espesor total del pavimento, pues cuanto menor sea la calidad del

materia colocado será mayor el espesor necesario para soportar los esfuerzos transmitidos.

Otra de las funciones de la sub-base consiste en servir de transición entre el material de base, generalmente granular más o menos grueso y la propia subrasante. La sub-base, más fina que la base actúa como filtro de esta e impide su incrustación en la subrasante.

La sub-base es colocada también para absorber aquellas deformaciones que sean perjudiciales en la subrasante, como cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento. Otra función de la sub-base y muy importante es el actuar como dren para desalojar el agua que se infiltre en el pavimento y así impedir la ascensión capilar.

Base: hasta cierto punto existe en la base una función económica a la discutida para el caso de la sub-base ya que permite reducir el espesor de la carpeta, más costosa, pero la función principal de la base de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito. La base en la mayoría de los casos tiene también que drenar el agua que se logre introducir a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como impedir la ascensión capilar.

Carpeta: la carpeta debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada y eficaz, con textura y color adecuado y resistir los efectos del tránsito. Hasta donde sea posible debe impedir el paso del agua al interior del pavimento para evitar cualquier deformación.

2.4. Asfaltos.

Partiendo de lo dicho por Crespo (1996), los asfaltos son componentes conformados de muchos petróleos en los cuales se encuentran disueltos y su historia data de hace más de 5 mil años debido a que las recientes excavaciones arqueológicas muestran que 3200 a 540 años antes de Cristo se utilizó mucho el asfalto en Mesopotamia empleado como cemento para ligar mamposterías, así como también usada como capa impermeabilizante en los baños de los templos y tanques de agua. Posteriormente se tiene que 300 años antes de Cristo el asfalto es empleado en la momificación. Se tiene que en el año de 1802 en Francia se empleó la roca asfáltica de Filadelfia para ser usada en pisos. También en 1876 se fue construido el primer pavimento de lámina asfáltica en Washington. A fines del año 1902 ya se habían refinado en los EE.UU. alrededor de 20,000 barriles de asfalto de petróleo. Desde entonces a la fecha, la producción la producción de asfalto ha ido aumentando en diferentes partes del mundo, produciéndose en la actualidad muchos millones de toneladas anuales de asfalto entre México, Venezuela y Estados Unidos de América.

La mayor parte de asfalto que es utilizado hoy en día en América proviene del proceso de la refinación del petróleo. El asfalto refinado se produce en gran variedad de tipos desde los sólidos, duros y quebradizos hasta aquellos fluidos casi tan líquidos como lo es el agua. La forma semisólida conocida como cemento asfáltico es el material básico y es considerado como una combinación de asfalto duro y aceites no volátiles del petróleo. En la fig. 2.3 se presentan algunos tipos de los

productos obtenidos por destilación directa del petróleo crudo debido a que la destilación es el proceso principal usado para obtener asfalto de petróleo.

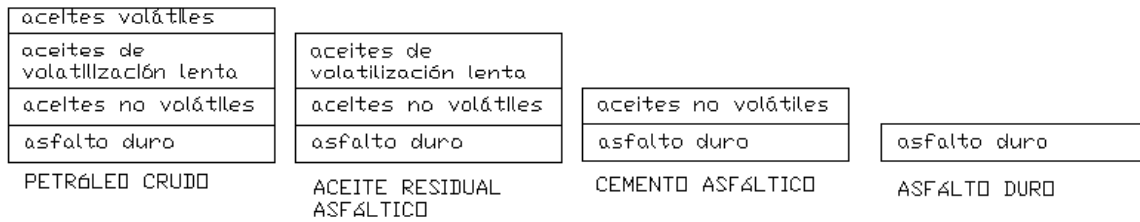


Fig. 2.3.- Tipos de productos asfálticos por destilación del petróleo crudo.

Fuente: Crespo; 1996: 234.

Disolviendo el cemento asfáltico (C.A) en distintos destilados volátiles del petróleo, o emulsificándolo con agua, se obtienen los productos asfálticos que muy pronto adquieren un alto valor cementante al usarse. A continuación se muestra en la fig. 2.4 los tipos de productos asfálticos líquidos que son los más usados en los pavimentos flexibles.



Fig. 2.4.- Tipos de productos asfálticos líquidos.

Fuente: Crespo; 1996: 234.

2.5. Carpetas asfálticas.

De acuerdo con Olivera (2006), la carpeta asfáltica es la capa superior de un pavimento flexible y es aquella que proporciona la superficie de rodamiento para los vehículos. Es elaborada con materiales pétreos y productos asfálticos.

Los materiales pétreos que son utilizados para la construcción de carpetas son suelos inertes, generalmente provenientes de playones de ríos o arroyos, de depósitos naturales los cuales son denominados minas, o de rocas que generalmente requieren de cribado, triturado o bien ambos para poder ser utilizados.

En este caso en particular, la granulometría es de vital importancia, y debe satisfacer las normas correspondientes, debido a que los materiales pétreos deben cubrirse en su totalidad con el asfalto ya que si la granulometría cambia, también cambiará la superficie por cubrir. Al aumentar o disminuir los finos, se afecta más la superficie por cubrir, que cuando se presenta un cambio con partículas gruesas, las especificaciones toleran más los cambios en éstas que en aquéllos.

2.5.1. Materiales pétreos para carpeta asfáltica.

De acuerdo con Crespo (1996), existen ciertos requisitos que se deben cumplir en la elaboración de la carpeta, la manera comúnmente empleada de hacer uso del asfalto es mezclándolo con un agregado pétreo que tenga características conocidas. Sin embargo, no cualquier tipo de agregado pétreo puede emplearse adecuadamente para formar la carpeta. De ahí se exige la necesidad de conocer sus características físicas para saber si funcionará de manera apta o no. Para conocer las características físicas de los agregados que se pretendan emplear en la

elaboración de carpetas asfálticas es necesario realizar pruebas de laboratorio tales como peso volumétrico seco y suelto, granulometría, densidad, absorción, desgaste, adherencia con el asfalto, índice de plasticidad, contracción lineal, etc. En general, los materiales pétreos que quieren ser utilizados en la elaboración de carpetas asfálticas deben tener los siguientes requisitos:

- No deben emplearse agregados pétreos que presenten más del 35% en peso, de fragmentos que tengan forma de lascas o que tengan marcada tendencia a romper en forma de lascas cuando se les tritura. Regularmente se consideran como lascas las que tengan una longitud mayor de tres veces la dimensión menor del agregado.
- No deben utilizarse agregados pétreos que contengan materia orgánica en forma perjudicial o arcilla en grumos.
- Los agregados pétreos no deben tener más del 20% de fragmentos suaves.
- Los agregados pétreos deben utilizarse por recomendación secos o cuando mucho con una humedad igual a la de absorción de ese material. Por lo contrario, debe utilizarse un adicionante en el asfalto.
- El tamaño máximo del agregado pétreo no deberá ser mayor que las 2/3 partes del espesor de la carpeta diseñada.
- Deberá tener suficiente resistencia para soportar, sin dañarse o romperse, las cargas del equipo de compactación.
- La porción que pase la malla #40 no debe tener una contracción lineal mayor de tres para materiales que, en mezclas en el lugar, su

granulometría caiga en la zona número uno, y el 2% si cae en la zona número dos. Para los concretos asfálticos la contracción lineal debe ser igual o menor a 2%.

- Los materiales pétreos deberán llenar características granulométricas tales que la curva graficada deberá quedar dentro de las zonas marcadas por las curvas siguientes. Es recomendable que para dar una superficie antiderrapante, usar siempre como curva de proyecto la curva inferior, o ligeramente más abajo.
- La absorción del material pétreo no debe ser mayor de 5%.
- La densidad aparente del material pétreo no debe ser menor de 2.3%
- El material pétreo debe tener buena adherencia con el asfalto, satisfaciendo una de las especificaciones siguientes:
 - 1.- Desprendimiento máximo por fricción, 2.5%.
 - 2.- Cubrimiento máximo con asfalto inglés, 90%.
 - 3.- Pérdida máxima de estabilidad, por inmersión en agua, 25%
- El material pétreo debe resistir la prueba de intemperismo acelerado.

En lo mencionado por Olivera (2006), el contenido óptimo de asfalto para una carpeta, es la cantidad de asfalto que forma alrededor de las partículas una membrana, con un espesor que sea suficiente para resistir los efectos del intemperismo, es decir, que el asfalto no presente oxidación con rapidez y que no sea tan gruesa como para que la mezcla pierda estabilidad o resistencia y sea ineficiente para soportar las cargas de los vehículos.

En relación con la forma de las partículas, se recomienda que sean lo más cúbicas posibles, por lo que no deberán utilizarse materiales que contengan una cantidad considerable en forma de lascas o de aguja, pues tienden a romperse con facilidad haciendo con esto que cambie la granulometría.

La dureza puede determinarse por medio de pruebas de densidad y de desgaste, si el material tiene características de buena adherencia o no, se conocerá al efectuar las tres pruebas; de desprendimiento por fricción, de pérdida de estabilidad por inmersión en agua y la prueba inglesa como se dijo anteriormente, si esta característica de pétreos no es aceptable, se podrá utilizar algún otro tipo de producto que resulte más eficaz y económico para cambiar la tensión superficial de los pétreos.

2.5.2. Carpetas por el sistema de riegos.

Con respecto a lo dicho por Olivera (2006), las carpetas por riego consisten en una serie de capas sucesivas conformadas de productos asfálticos y pétreos sobre la base impregnada. La forma de construir una carpeta por riego es de la siguiente:

Sobre la base debidamente impregnada se da un primer riego de producto asfáltico que se cubre con un riego de material pétreo más grueso que se vaya a usar, con la ayuda de una compactadora de rodillo liso de 10 toneladas se le da un acomodo haciendo tres cubrimientos de la superficie. En seguida se repite toda la operación anterior, sólo que el material pétreo será de dimensiones menores al usado con anterioridad. En seguida utilizando el material pétreo más fino se vuelve a

repetir dicha operación, es decir, se da un riego de asfalto fluidificado, se riega el material pétreo y se acomoda con la ayuda de un rodillo liso.

Se deja una semana para que fragüe el producto asfáltico es decir, que se evaporen los solventes y después, por medio de un barrido manual o mecánico, se retira el material fino que no esté completamente adherido al resto de la estructura. Esto es de suma importancia para evitar contratiempos a los usuarios ya que cuando no se hace o se realiza en forma deficiente, se pueden romper los parabrisas con las partículas expelidas hacia atrás por las llantas de los vehículos.

El tipo de carpeta explicado anteriormente es denominado de tres riegos y los materiales pétreos utilizados en ella son de tipo uniforme, es decir, de una gama corta de tamaños. También existen carpetas de dos y un riego para los que el procedimiento de construcción es semejante, sólo que en ellas se omiten una o dos de los ciclos mencionados: el correspondiente al material 1 para la carpeta de 2 riegos y los de los materiales 1 y 2 para la de un riego.

2.5.3. Carpetas de concreto asfáltico.

Como cita Olivera (2006), las carpetas de concreto asfáltico son mezclas de materiales pétreos y cemento asfáltico; como éste último se presenta sólido a temperatura ambiente, es necesario que la elaboración se efectúe en una planta en la que se calienta hasta 140°C y por consiguiente se calienta el material pétreo, lo que genera que la temperatura sea de 160°C.

Debido a las características del cemento asfáltico, este tipo de carpetas tiene características de tipo elástico, con una ruptura de tipo frágil y de poca resistencia,

principalmente a bajas temperaturas, por lo que este tipo de carpetas no deben ser construidas sobre bases naturales, que presenten módulos de elasticidad bajos, que pueden presentar deformaciones bajo la acción del tránsito, sino que deben ser construidas sobre bases rigidizadas con cal hidratada o cemento Portland o sobre bases asfálticas.

El material pétreo que se utiliza en este caso, en general debe ser roca triturada del tipo de basalto, andesita o reolita sanos, aunque también hay la posibilidad que sea de bancos de grava-arena, de minas, playones de río o arroyo. Estos dos últimos tipos convienen que tengan bastante desperdicio a triturar, ya que, como muchas veces son materiales redondeados, puede resultar que la mezcla no pase las normas de resistencia, pero al triturarse se producen superficies rugosas que mejoran considerablemente su calidad.

2.5.4 Riego de sello.

Como cita Olivera (2006), El tratamiento de riego de sello es similar a la elaboración de la carpeta de un riego, sólo que a diferencia de éste se hace sobre una base y aquel sobre una carpeta que es necesario impermeabilizar, aunque también sirve como capa de desgaste y con esto mejorar el coeficiente de rugosidad y aun para señalar la superficie de rodamiento, que los conductores reconocerán por el color de la superficie o por el ruido de las llantas.

El tratamiento de mortero asfáltico es una mezcla íntima de arena y emulsión asfáltica con un fraguado medio o lento, que al colocarse, tiene una consistencia pastosa. Existen en el mercado distintos tipos de maquinaria móvil que al ir

mezclando los materiales, los extienden en la superficie, aunque este tratamiento es más costoso que el anterior, tiene la gran ventaja de no dejar partículas sueltas o semisueltas, que con el pasar de los vehículos puedan salir como proyectiles a alta velocidad y que la mayor parte de las ocasiones son la causa de que se rompan los parabrisas de los vehículos, como puede suceder con el riego de sello.

Es por esta razón que en los aeropuertos se utiliza el mortero asfáltico, pues las turbinas usadas en los aviones se dañan considerablemente con las partículas sueltas. En general todas el procedimiento para la construcción de las carpetas debe llevarse a cabo con las medidas de precaución necesarias y con un buen control de calidad ya que, por ejemplo cuando se agrega menos asfalto del necesario, la carpeta tenderá a desgranarse, en caso de que se tenga más, el asfalto brotará a la superficie, tornándola lisa y resbaladiza.

Lo anterior se aplica estrictamente en los riegos de sello pues si no están de manera adecuada pueden echar a perder una carpeta de buena calidad, por ello el personal que realice dicho trabajo debe contar con experiencia para la dosificación de los materiales pétreos y asfálticos, ya que el tiempo que pase para colocar el material pétreo depende del tipo de producto asfáltico que se haya utilizado.

2.6. Tipos de fallas en los pavimentos flexibles.

De acuerdo con Rico y Del Castillo (1994), la mayor parte de la tecnología que el ingeniero de pavimentos ha ido desarrollando ha sido evitar la aparición de deterioros y fallas que con el paso del tiempo se han ido tipificando y describiendo

con el mayor detalle posible, con esto se ha logrado ir estableciendo una relación causa-efecto, que permite desarrollar un conjunto de normas de criterio de proyecto y conservación. Las fallas de los pavimentos pueden posiblemente dividirse en tres grupos:

1) Fallas por insuficiencia estructural.

Se trata de pavimentos contruidos con materiales inapropiados en cuanto a resistencia o con materiales de buena calidad pero con espesores insuficientes. En general es la falla que es producida cuando las combinaciones de la resistencia al esfuerzo cortante de cada capa y los respectivos espesores no son los convenientes para que se establezca un mecanismo de resistencia adecuado.

2) Fallas por defectos constructivos.

Se trata de pavimentos quizá bien proporcionados y formados por materiales resistentes, en cuya construcción se han generado errores o defectos que comprometen el comportamiento en conjunto.

3) Fallas por fatiga.

Son aquellos pavimentos que originalmente estuvieron quizá en condiciones favorables, pero que por la continua repetición de las cargas del tránsito sufrieron efectos de fatiga, degradación estructural y pérdida de resistencia y deformación acumulada. Como quiera que estos fenómenos estén asociados al número de repeticiones de la carga, las fallas de fatiga resultan claramente influidas por el

tiempo en el que han estado en servicio. Son fallas típicas de un pavimento que durante mucho tiempo trabajó sin problema alguno.

Desde un punto estrictamente mecánico, las fallas que se presentan en los pavimentos suelen ser resultado de la deformación bajo esfuerzos cortantes o de la deformación por consolidación. Estos procesos pueden tener lugar en cualquiera de las capas del pavimento o aún de la terracería. Se describirán a continuación algunas de las fallas más comunes en los pavimentos flexibles:

1) Agrietamiento en “piel de cocodrilo”

Se trata de un agrietamiento que se extiende sobre toda la superficie de rodamiento o por la mayor parte de ella, por lo cual dicha superficie adquiere el aspecto que da nombre al fenómeno. Esta condición es indicativa de movimiento excesivo de una o más de las capas del pavimento de fatiga, la mayor parte en la misma carpeta.

El fenómeno puede ser o no progresivo, cuando lo es termina en destrucción en zonas del pavimento, que comienzan con desprendimientos de las carpetas y en rápida remoción de los materiales granulares expuestos.

2) Deformación permanente en la superficie del pavimento. Surcos.

Frecuentemente está ligada a aumento de compacidad en las capas granulares de base o sub-base, debido a una carga excesiva, carga repetida o a rotura de granos, también puede deberse a consolidación en la subrasante o aún en

el cuerpo de la terracería. El ancho del surco excede al de la llanta y tiende ser mayor en comparación a éste.

La deformación dicha debe distinguirse del surco que es producido por simple desplazamiento lateral de una carpeta defectuosa, la señal distintiva es que en este último caso el material es elevado a los dos lados del surco, a diferencia de un surco profundo que se produce sin dichas ondulaciones.

3) Fallas por cortante.

Están ligadas a falta de resistencia al esfuerzo cortante en la base o sub-base del pavimento y más raramente en la subrasante. Consisten la mayor parte en surcos profundos, nítidos y bien marcados, cuyo ancho no excede mucho al de la llanta. En este caso suele haber también elevación del material de carpeta a ambos lados del surco, pero la falla es distinguida fácilmente de un simple desplazamiento de carpeta por la mayor profundidad afectada.

4) Agrietamiento longitudinal.

Consiste en la aparición de grietas longitudinales de no gran abertura en el orden de 0.5 cm en toda el área que corresponde a la de la circulación de las cargas más pesadas. Agrietamientos de este tipo son hechas por movimientos de las capas de pavimento que tienen lugar predominantemente en dirección horizontal, el fenómeno puede ocurrir en la base, sub-base o con cierta frecuencia en la subrasante. Son indicativos de fenómenos de congelamiento y deshielo o de ciertos cambios volumétricos por variación de contenido de agua.

5) Consolidación del terreno de cimentación.

La consolidación de terrenos de cimentación blandos puede producir distorsión del pavimento, independientemente de los espesores empleados. Cuando por falta de resistencia en el terreno de cimentación, es comprometida la estabilidad de los terraplenes, también se producen agrietamientos típicos con trayectoria circular, marcando lo que podrá llegar a ser la cabeza de la falla eventual.

2.7. Pavimentos rígidos.

De conformidad con Rico y Del Castillo (1994), un pavimento rígido tiene como elemento estructural fundamental una losa de concreto la cual es apoyada sobre una capa de material previamente seleccionado, a la que se le da el nombre de sub-base. Cuando la subrasante del pavimento tenga una calidad lo suficientemente buena, la losa puede colocarse directamente sobre ella ahorrándose así una sub-base especial.

De lo que se trata o a lo que se quiere llegar es que la losa de concreto tenga un apoyo lo suficientemente uniforme y estable, para garantizar que no quede localmente falta de soporte. Para lograr esto y para saber que capas de suelo hay que proporcionar dependerá de la calidad de los materiales que se estén utilizando, de los niveles de compactación que se empleen y de las condiciones locales de clima y drenaje.

Los concretos que se utilizan en la losa suelen ser de resistencia alta, generalmente entre 200 y 400 kg/cm². Las losas pueden ser de concreto simple, reforzado o pre-esforzado. Cuando se utiliza concreto simple o reforzado, el tamaño

de la losa es similar, tendiendo a ser por lo general cuadradas con 3 m a 5 m de lado, pero en la actualidad existe una tendencia a ir aumentando el área. Por otro lado el concreto pre-esforzado permite la utilización de superficies continuas de área muy superior, este hecho unido a los ahorros de espesor que es posible lograr en cada caso, induce a la tendencia a favor del uso cada vez más frecuente del concreto pre-esforzado.

Los factores que afectan el espesor de la losa son principalmente el nivel de carga que han de soportar, las presiones de inflado de las llantas de los vehículos, el módulo de reacción del suelo de apoyo y las propiedades mecánicas del concreto que en ellas se utilice.

Se ha demostrado con el paso del tiempo que el espesor requerido para la losa depende relativamente poco del valor del módulo de reacción del terreno de apoyo, que es el parámetro a través del cual la calidad del suelo que se tenga influye considerablemente en el diseño de la losa de concreto. Esto ha hecho a que en la mayor parte de los diseños de pavimentos rígidos se conceda poca atención a la calidad de los materiales de sub-base, a los que se permite variar entre límites relativamente amplios, estableciendo especificaciones con el objeto de prevenir el bombeo o cualquier otros efectos perjudiciales.

De acuerdo con Crespo (1996), los pavimentos rígidos difieren de los pavimentos flexibles primero, en que poseen una resistencia considerable a la flexión y en segundo, en que son afectados gradualmente por los cambios de temperatura. Los pavimentos de concreto hidráulico están sujetos a los esfuerzos siguientes:

- Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- Esfuerzos directos de compresión y cortamiento causados por las frecuentes cargas de las ruedas.
- Esfuerzos de compresión y tensión causados por la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.
- Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.
- Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la combadura del pavimento por efectos de los diversos cambios de temperatura.

En virtud de estar los pavimentos rígidos sujetos a los esfuerzos mencionados anteriormente, es notorio que para que estos pavimentos cumplan de forma satisfactoria y económica la vida útil que de ellos se espera, es fundamental que el proyecto esté basado en los siguientes factores:

- Volumen, tipo y peso del tránsito a servir en la actualidad y en un futuro.
- Valor relativo de soporte y características de la subrasante.
- Clima de la región.
- Resistencia y calidad del concreto a emplear.

Si en el proyecto de estos tipos de pavimentos no se toma en cuenta alguno de los puntos anteriormente mencionados, el pavimento no será económico. Por ejemplo, si los espesores de las losas de concreto son muy elevados, es decir, que

su capacidad de carga sea superior a la que realmente soporta, su comportamiento será satisfactorio pero el costo de su construcción será excesivo. Por el contrario, si los espesores son menores que los requeridos para las cargas que soportará, se acortará su vida de servicio o tendrá un costo de conservación muy alto y con esto antieconómico y con un comportamiento poco satisfactorio.

La realización previa de los censos de tránsito no deja de ser dificultosa cuando debe ser determinado estimando el tránsito futuro. En ese caso se deberá hacer un estudio de las características de la región tanto comercial como turística que va a servir al camino, densidad de población, vinculación de la carretera con otras ya existentes y el estudio de los volúmenes de tránsito y cargas de ruedas sobre caminos de igual importancia existentes en otras zonas.

2.8. Losas de concreto hidráulico.

De acuerdo con Olivera (2006), la parte superior de todos los pavimentos rígidos, son las losas de concreto hidráulico que son construidos sobre la subbase y proporcionan la superficie de rodamiento. El concreto hidráulico es un material pétreo de forma artificial, que es elaborado mezclando parte del agua y cemento Portland, con arena y grava en proporciones reglamentarias para que se produzcan la resistencia y densidad deseadas.

Las principales propiedades que se deberán observar en las gravas y arenas son: dureza, plasticidad, sanidad, forma de la partícula y granulometría. En cuanto a la plasticidad, la grava y la arena deben ser materiales inertes, es decir, deben tener un índice plástico y una contracción lineal de 0. Además de cumplir las normas de

desgaste e intemperismo acelerado, con lo cual es asegurado su dureza y durabilidad, aunque es importante conocer si los agregados tienen álcalis y si éstos actuarán de forma perjudicial al concreto a través del tiempo.

En cuanto a la forma de las partículas es conveniente que sean lo más rugosas posibles, es decir, que tengan un alto valor de fricción ya que con esto se alcanza un buen nivel de adherencia con la pasta agua-cemento, lo cual no sucede con las partículas de forma redonda, como lo son los materiales de arroyos y ríos. Es vital conocer la granulometría para garantizar la resistencia y la densidad del concreto endurecido, sin embargo, no es un elemento clave para aceptar o rechazar los materiales, si en un caso un determinado concreto no satisface la densidad o la dureza de un concreto endurecido o aquellos vacíos del concreto fresco, se podrán variar las proporciones de los agregados o de la lechada en relación a aquéllos, para obtener resultados óptimos.

El cemento Portland debe cumplir ciertos requisitos químicos y físicos establecidos. Los cementos que tengan más de tres meses almacenados en sacos, o más de 6 meses a granel, después del último reporte, deberán ser analizados nuevamente, verificando características de calidad. El agua que se utilice para la fabricación de concreto deberá cumplir de igual manera con requisitos y calidades ya establecidos. También pueden utilizarse aditivos para concreto que se tienen a la venta para distintos usos como lo son: retardantes o acelerantes de resistencia para reducir la cantidad de agua sin disminuir fluidez.

2.9. Agrietamiento del concreto hidráulico.

De conformidad con Olivera (2006), el concreto hidráulico es un producto que desde que se termina su proceso de mezclado y puesto en obra, está sujeto a agrietarse esto debido a la pérdida de agua por evaporación y por aquellas reacciones químicas internas en esta etapa, estas anomalías pueden reducirse a un mínimo si se curan de manera adecuada, para ello lo más efectivo es un espacio superficial, inmediatamente después del tendido, de alguna de las muchas sustancias que existen en el mercado que impiden la evaporación del agua de la mezcla. Además deberán tomarse en cuenta factores como el clima, como es evitar el colado cuando haya vientos con alta velocidad o temperaturas muy altas como en las costas. Es importante que después del tercer día se deba mantener húmeda la superficie por medio de riegos de agua.

De acuerdo con los programas de trabajo que son utilizados para la construcción de los pavimentos rígidos, en general se cuelan franjas de 200 m, 500 m o varios kilómetros. Una vez endurecida la mezcla, tiende a expandirse o dilatarse y a acortarse o contraerse de acuerdo a los cambios diversos de temperatura, esto aunado a la fricción que tienen con la subbase impregnada, que impide parcialmente su movimiento, hace que el concreto llegue a agrietarse.

Este agrietamiento mencionado se presentará de manera no uniforme, y su abertura puede ser de tal magnitud que se pierda la interacción granular entre las diferentes partes lo cual no debe tolerarse en los pavimentos rígidos, si no al contrario, se deberá asegurar que las losas del pavimento trabajen de manera

conjunta al aplicárseles cargas. En general, se puede decir que si las grietas no se abren más de 3 mm, se asegura que haya acción interregular. Claro está que el que las grietas se abran más o menos es función del lardo de las losas y también de su ancho, por ello se debe forzar a que las grietas sean perpendiculares a la dirección del colado.

2.10. Juntas de contracción.

Como cita Olivera (2006), para que el agrietamiento del concreto no llegue a ser de manera irregular, sino en forma perpendicular al eje del colado y asegurar el trabajo en conjunto de las losas, es necesario la construcción de juntas de contracción a distancias previamente determinadas, de acuerdo al tipo de juntas de contracción que se vayan a utilizar, se pueden utilizar tres tipos de losas:

- De concreto simple.
- De concreto con pasa juntas de sujeción.
- De concreto armado.

Se dice que un pavimento rígido es de concreto simple cuando no es utilizado dentro de la masa ninguna cantidad de acero. Para asegurar que las grietas no se abran más de 3 mm, se deberá tener una relación de largo a ancho de las losas menor de 1.25, siendo por lo general el valor de 1.15. Es de manera común que las losas no sean mayores en este caso de 4.5 m.

La grieta puede ser inducida efectuando una muesca por aserrado en la parte superior de la losa de 5 cm como mínimo de profundidad y de 4 a 6 mm de ancho

para disminuir el costo del aserrado, debido a que el desgaste del disco de diamante o tungsteno es importante, se puede inducir una lámina delgada a todo el ancho de la losa cuando el concreto se encuentra todavía fresco, retirándola de diez a quince minutos después y rellenando la ranura con lechada fresca, utilizando las llanas de los distintos operarios para que a las 24 h en el mismo lugar, se efectuó la muesca del aserrado. De esta manera ya no se harán cortes en las gravas, que fueron desalojadas hacia los lados, también es posible reducir la profundidad del aserrado si en la parte inferior, sobre la base impregnada en los mismos sitios en donde se va a aserrar, se colocan pequeñas tiras de madera de sección triangular, con una arista hacia arriba. A continuación se muestra la junta de contracción en la figura 2.5.

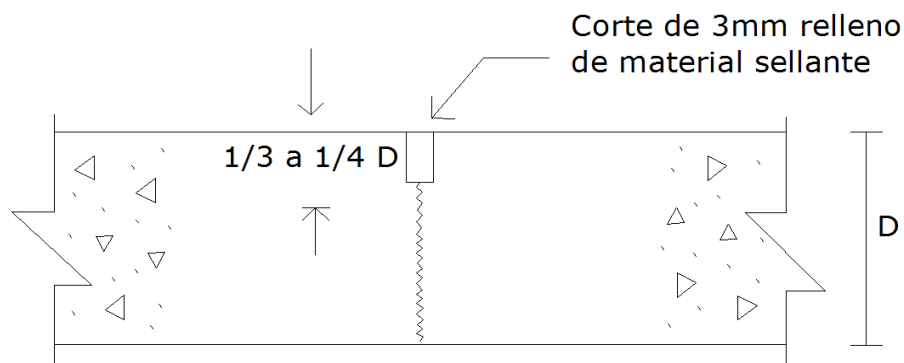


Fig. 2.5.- Juntas de contracción para pavimentos rígidos.

Fuente: Olivera; 2006: 146.

Cuando la longitud de las losas es mayor a 4.5 m es decir, que la relación de largo a ancho es mayor a 1.25, pero menor de 1.4 se deberán usar pasajuntas de sujeción que se muestra en la figura 2.6, que son varillas corrugadas que se colocan en el sitio de aserrado hacia la mitad del espesor, con 40 cm de longitud dentro de

cada losa. La colocación de estas pasajuntas se debe realizar antes del colado y se fijan por medio de silletas parecidos al armado de castillos, de manera triangular, en los lugares antes seleccionados de acuerdo a su relación largo- ancho.

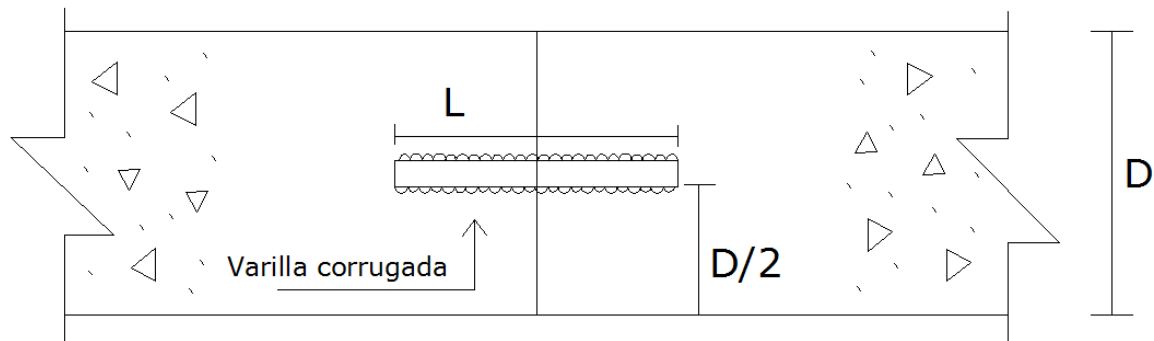


Fig. 2.6.- Pasajuntas de succión para pavimentos rígidos.

Fuente: Olivera; 2006: 146.

En caso de que la relación largo-ancho sea mayor de 1.4 es decir, que las losas sean mayores a 6.5 m se deberá utilizar el llamado concreto hidráulico con armado continuo, para lo cual pueden ser utilizadas mallas prefabricadas o armadas en el lugar.

2.10.1. Juntas de dilatación.

Según Olivera (2006), para evitar que cuando las losas de concreto se dilaten, se tengan fuertes esfuerzos de compresión al chocar con algún tipo de obstáculo, que podrían ser las paredes o las columnas de una bodega, o el pavimento rígido de una avenida importante que intercepte al de una secundaria, o también la unión de una pista de aterrizaje y una calle de rodaje en un aeropuerto, será necesario construir las juntas de expansión que se muestran en la figura 2.6.

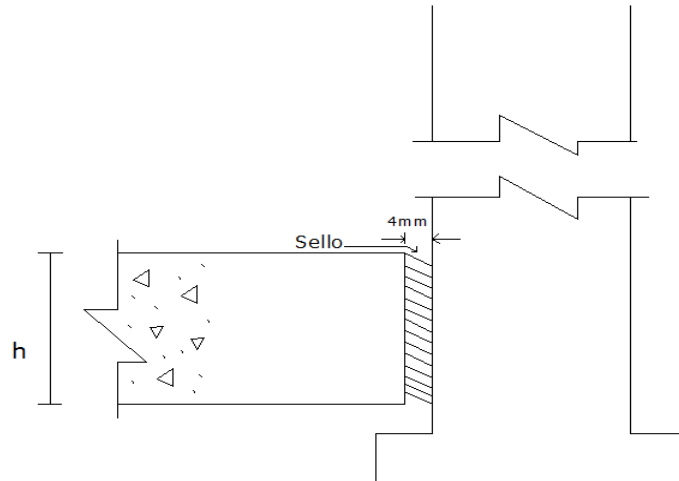


Fig. 2.7.- Junta de expansión para pavimentos rígidos.

Fuente: Olivera; 2006: 146.

En este tipo de juntas existen las que son a tope o con pasajuntas de transferencia de carga. Las juntas de expansión a tope se colocan en donde un pavimento rígido se encuentra con algún obstáculo. Estas juntas son elaboradas dejando un espacio de 2 a 4 cm entre ellas, el cual será relleno con cartón o fibras asfálticas que se comprimen cuando son presentados los esfuerzos de compresión y se expanden. En aquellas zonas cercanas al lugar en el cual se tiene algún obstáculo, se pueden colocar juntas de expansión con pasajuntas para reducir la abertura que se tenga en la junta a tope. Por ejemplo, en una calle de rodaje pueden ser colocadas dos juntas de expansión, una a 2 losas y otra a 4 losas antes de llegar a la pista, en donde se tendrá la junta a tope, sólo que se les colocarán pasajuntas que aseguren la transmisión de las cargas de una losa a las siguientes, este tipo de juntas se llaman de expansión con pasajuntas de transferencia de cargas. Estas juntas se forman haciendo que la sección transversal de las losas sea vertical y se

colocan varillas lisas que deben quedar embebidas aproximadamente a 40 cm en cada una de ellas hacia el centro del espesor y para asegurar el libre movimiento, en un extremo de las varillas se coloca un casquillo metálico engrasado. Este tipo de juntas se muestra en la figura 2.7.

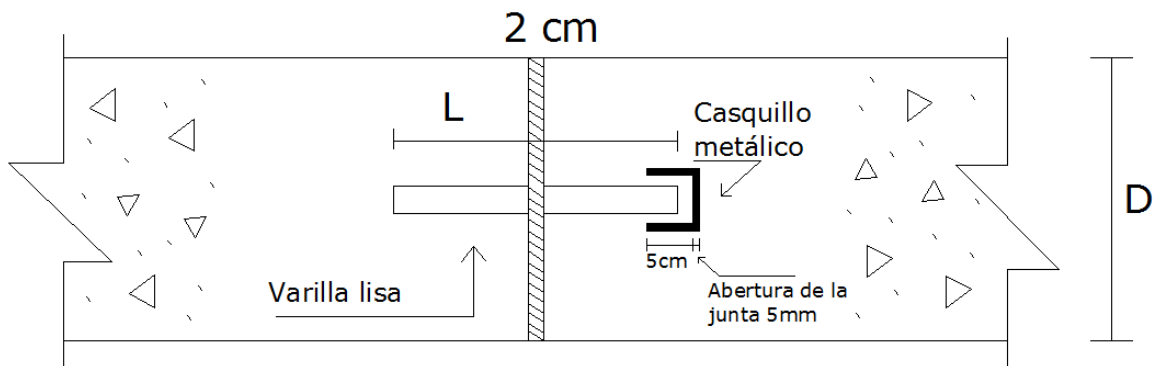


Fig. 2.8.- Junta de expansión con pasajuntas para pavimentos rígidos.

Fuente: Olivera; 2006: 146.

2.10.2. Juntas de construcción.

De acuerdo con Olivera (2006), hablándose de juntas en pavimentos rígidos se tienen las juntas de construcción, las cuales son elaboradas cuando por algún motivo en especial se suspende el colado del concreto fresco, los motivos pueden ser de carácter fortuito o por procedimiento de construcción, los motivos fortuitos suelen ser: que se terminen los áridos o que se averíe la mezcladora, o también que el concreto premezclado no llegue en el tiempo acordado o empiece un fuerte aguacero y que por ello el colado se suspenda por más de 30 min, etc. Por procedimiento de construcción, se puede suspender un colado al terminarse la jornada de trabajo o al terminarse el ancho de la franja de colado.

Cuando por alguna razón de emergencia se suspende el colado, o porque se finalizó la franja de colado o se terminó la jornada de trabajo, se procurará que se cuele de alguna manera una losa completa, en donde se forma una sección vertical lisa y se insertan varillas corrugadas, que a la vez que no permiten la abertura de la grieta, también puedan servir como trasmisoras de carga. La varilla deberá embeberse 40 cm dentro de la losa ya construida y deberán quedar 40 cm hacia afuera, que después serán cubiertos por el nuevo concreto al reanudarse el colado.

2.11. Tipos de fallas en los pavimentos rígidos.

Partiendo de lo dicho por Rico y Del Castillo (1994), las fallas en los pavimentos rígidos pueden deberse a dos causas principales. La primera es referida a deficiencias de la propia losa y comprende por un lado defectos del concreto, tales como la utilización de materiales y agregados no adecuados, desintegración por reacción de los agregados con los álcalis del cemento, o bien, problemas derivados del uso de sales para proteger al concreto de los fríos extremos en zonas de clima severo, etc. Por otro lado, defectos de construcción o de insuficiencia estructural en la losa, como inapropiada colocación o insuficiente dotación de elementos de transmisión de carga, insuficiente resistencia ante las restricciones de fricción impuestas a los movimientos de la losa por la sub-base, alabeo de las losas o mal comportamientos de las juntas de contracción y expansión.

La otra causa principal de falla en los pavimentos rígidos se refiere al inadecuado comportamiento estructural del conjunto losa, sub-base, subrasante y aun terracería y terreno de cimentación. El uso de agregados inapropiados, no

duraderos se traduce en la aparición de grietas que comienzan por ser capilares, muy próximas y que se desarrollan con trayectorias semicirculares en torno a juntas o a los bordes de las losas, este fenómeno es generalmente progresivo y suele terminar con la desintegración total de la losa.

Otros defectos que suelen presentarse que causan la desintegración del concreto son el fabricarlo con una mezcla demasiado húmeda, el uso de agregados con excesivo contenido de finos. Durante el periodo de curado, los concretos sufren a veces agrietamientos excesivos por contracción, las grietas típicas de este estilo son cortas y distribuidas al azar sobre la superficie de la losa, tanto en dirección longitudinal como transversal. Este agrietamiento es independiente de las cargas del tránsito.

Los agrietamientos causados por trabajo defectuoso de los pasa-juntas son debidos generalmente a que estos elementos quedan mal lubricados y con esto no permiten el movimiento para el que fueron diseñados. El espaciamiento excesivo de estos elementos también es fuente de grandes problemas. Otro defecto común por mal funcionamiento de juntas se tiene cuando estas faltan o se espacian en demasía a lo largo de un trecho importante del pavimento. Naturalmente el concreto crea por agrietamiento sus propias juntas de contracción y expansión, pero estas grietas se disponen a espaciamientos irregulares, dando al pavimento apariencia deteriorada, que generalmente no corresponde a una verdadera deficiencia estructural, en el sentido de que las grietas formadas liberan los esfuerzos y trabajan como verdaderas juntas, el comportamiento puede no ser tan satisfactorio a largo plazo, pues las grietas naturales carecen de todo tratamiento y de los rellenos plásticos apropiados,

de manera que en ellas el concreto se va disgregando, ejerciendo una acción auto-abrasiva que puede llegar a agrandar las grietas más allá de lo conveniente y adecuado.

2.12. Control de calidad en pavimentos rígidos.

De conformidad con Olivera (2006), para el control de calidad es necesario que de forma continua se realice la prueba de revenimiento, con lo cual se podrá tener una idea de la calidad del concreto que se está utilizando, pues si se están obteniendo asentamientos aceptables y en un momento dado cambian, ya sea porque aumente o disminuya, será indicio de que no se están efectuando las dosificaciones necesarias. Una causa de que cambie el revenimiento, es que la humedad de los agregados varíe al paso del tiempo, por esta razón se recomienda tenerlos saturados y superficialmente húmedos en forma constante, para reducir este efecto.

Se elaborarán especímenes para verificar el módulo de ruptura y la resistencia a la compresión simple. Por cada 10 m³ se elabora un par de cilindros y por cada 50 m³ un par de vigas. Con lo primero se podrá tener indicios de la probable resistencia a los 28 días, a los 2 días, si se usa curado a vapor o a los 7 días si se curan en cámara húmeda o se saturan en agua. También se puede conocer la posible resistencia a los 28 días, si se conoce el consumo de cemento Portland, o el contenido de este producto en la mezcla fresca.

También es de suma importancia tener un control de los siguientes elementos geométricos: ancho de la franja, pendientes transversales, profundidad de

depresiones y espesor de la losa, terminado de la superficie de rodamiento, ejecución del aserrado y sellos de juntas de contracción y dilatación.

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se abordarán las características físicas y condiciones en las que se encuentra la calle Efrén Capiz, así mismo, se mostrarán imágenes sobre el mismo para tener un entorno general y claro. Se mostrarán también los climas predominantes en la zona y la localización geográfica del sitio.

3.1. Generalidades.

La presente investigación se realiza para el diseño de pavimento rígido para la calle Efrén Capiz en la colonia valle de las delicias en Uruapan, Michoacán, dicho pavimento deberá cumplir con todos los aspectos teóricos y normativas que son referidas a este tipo de estructuras.

Uno de las bases importantes a tomar para dicho diseño es el de considerar el tránsito vehicular lo cual permitirá saber el número de vehículos que circularan por esta vialidad, así como el número total de ejes que permitirá saber o conocer la vida útil.

De acuerdo con www.wikipedia.com (2013), la ciudad en donde se encuentra la calle es Uruapan, la cual es una ciudad del estado de Michoacán, su nombre oficial es Uruapan del Progreso, cuenta con clima templado, exuberante vegetación y con una gran producción anual de aguacate con calidad de exportación, razón por la cual se le conoce también como la capital mundial del aguacate.

La palabra Uruapan es manejada entre Ulhuapani y Uruapani, ambas palabras se refieren a la exuberante vegetación del lugar, ya que significa lugar donde siempre florece o lugar donde los árboles reverdecen.

3.2. Resumen ejecutivo.

La calle Efrén Capiz se localiza al sur de la ciudad de Uruapan, Michoacán, se encuentra delimitada por la calle Norte y De Las Delicias en la colonia Valle De Las Delicias. Sobre la calle Norte, existe un puente conocido popularmente por los habitantes de la región como “puente del terror” por el cual pasa el río Cupatitzio. La calle Efrén Capiz se encuentra en mal estado y es de difícil acceso para un automóvil promedio, por esta razón la cruzan generalmente camionetas. Tiene una longitud aproximada de 1.2km, se compone de terracería en un 90% y el otro 10% de pavimento en mal estado.

3.3. Macrolocalización.

De conformidad con www.wikipedia.com (2013), la calle en estudio se encuentra México que oficialmente se llama Estados Unidos Mexicanos, es un país situado en la parte meridional de América del Norte. Limita al norte con los Estados Unidos de América, al sureste con Belice y Guatemala, al oriente con el golfo de México y el mar Caribe y al poniente con el océano Pacífico. Es el décimo cuarto país más extenso del mundo, con una superficie cercana a los 2 millones de km². Su población a mediados de 2013 ronda los 118 millones de personas.



Fig. 3.1.- Estados Unidos Mexicanos.

Fuente: www.googlemaps.com (2013).

Así mismo, la calle en estudio está en el Estado de Michoacán, oficialmente conocido como Michoacán de Ocampo, que es uno de los 31 estados que, junto con el Distrito Federal, conforma las 32 entidades federativas de México.

Michoacán tiene una superficie de 58.585 kilómetros cuadrados. La entidad está conformada por 113 municipios y su capital es la ciudad de Morelia, antiguamente llamada Valladolid, que lleva este nombre en honor a José María Morelos y Pavón, héroe de la independencia de México. A continuación se muestra gráficamente el estado de Michoacán representado con el punto A.



Fig. 3.2.- Michoacán.

Fuente: www.googlemaps.com (2013).

3.4. Microlocalización.

Ubicándose dentro del país y del estado de Michoacán, se sigue con un acercamiento más pronunciado con fin de llegar a la ubicación geográfica de la calle en estudio. En la figura 3.3 se muestra el mapa completo de la ciudad de Uruapan, Michoacán.

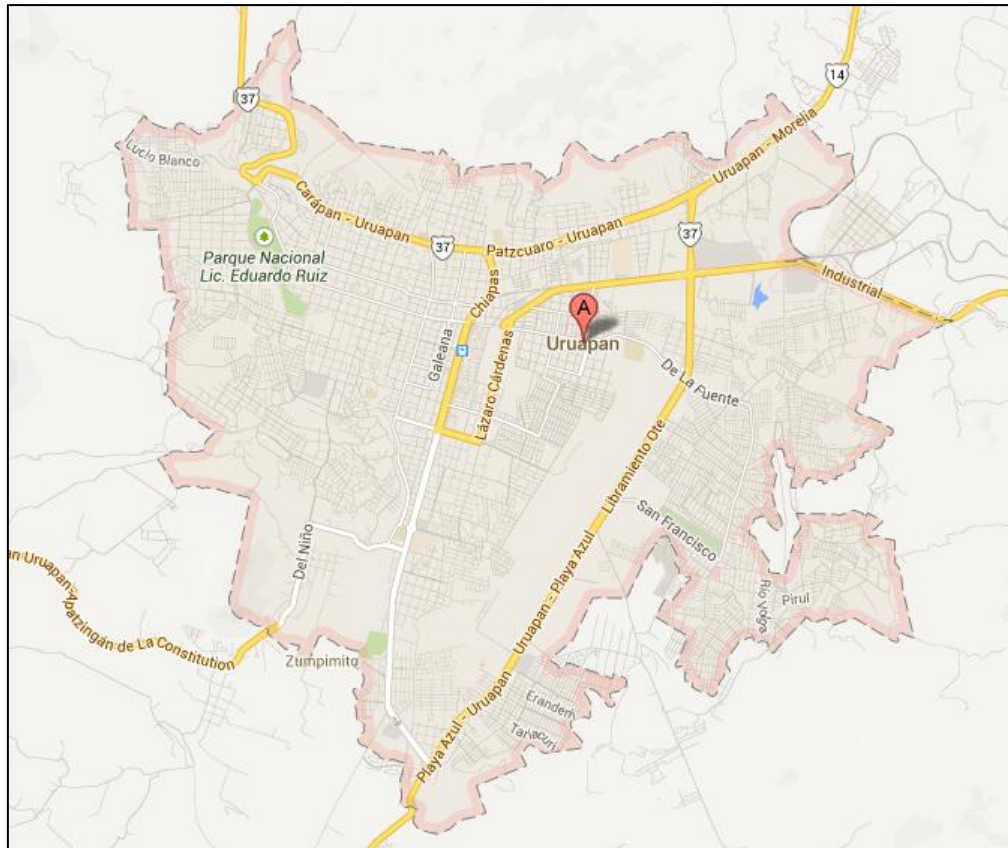


Fig. 3.3.- Uruapan, Michoacán.

Fuente: www.googlemaps.com (2013).

Dentro de las calles que comprenden la ciudad de Uruapan se encuentra la calle Efrén Capiz la cual fue la elegida para un diseño de pavimento rígido debido a las necesidades vistas y estudiadas en los capítulos anteriores. Dicha calle se encuentra delimitada como se mencionó anteriormente por las calles Norte y De las delicias en la colonia Valle De Las Delicias, como se muestra en la siguiente imagen:

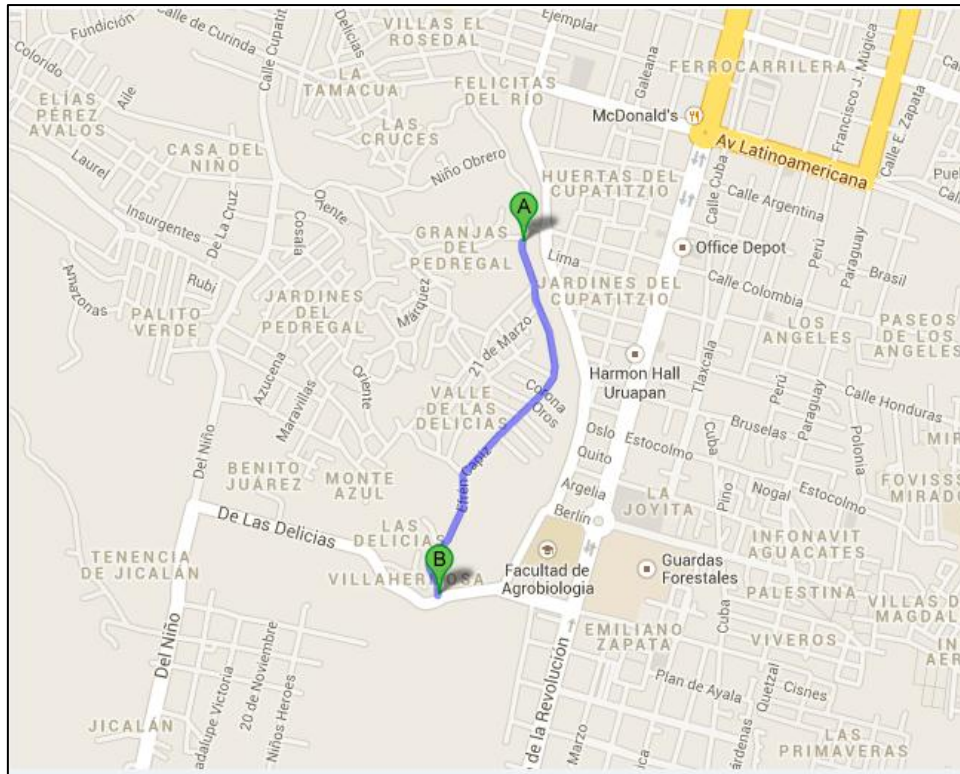


Fig. 3.4.- Calle Efrén Capiz.

Fuente: www.googlemaps.com (2013).

3.5. Hidrografía y clima.

Partiendo de lo mencionado en www.inegi.com (2013), la ciudad de Uruapan se encuentra dentro de la región hidrológica del río Balsas, dentro de la cuenca del río Tepalcatepec – Infiernillo, sus principales afluentes son la presa de Caltzontzin, Salto Escondido, la Tzaráracua y el río Cupatitzio, con una precipitación pluvial media de 1,760 mm, dicho río pasa por la calle en estudio lo cual se considerará en el diseño.

El clima es considerado templado y tropical con lluvias en verano y templado subhumano con lluvias en verano, con temperaturas que van desde 12° C a 24° C.

3.6. Informe fotográfico.

En este apartado se mostrarán diversas imágenes con el propósito de proyectar al lector con una idea más gráfica y dándole a conocer las características de la calle en estudio. Es importante mencionar que las imágenes irán en un orden de sur a norte de la calle Efrén Capiz en la ciudad de Uruapan.



Fig. 3.5.- Acceso a la calle Efrén Capiz.

Fuente: Propia.



Fig. 3.6.- Acceso a la calle Efrén Capiz.
Fuente: Propia.



Fig. 3.7.- Vista frontal al acceso de la calle Efrén Capiz.
Fuente: Propia.

En las figuras 3.5, 3.6 y 3.7 se muestra el acceso a la calle Efrén Capiz, como se aprecia ahí es donde comienza la superficie de rodamiento sin pavimentación y está delimitada por 2 taludes los cuales están con gran vegetación, el talud de la izquierda está al borde del río Cupatitzio, aproximadamente se encuentra así unos 600 m del tramo en su longitud total. Es factor importante para el desarrollo del proyecto y será necesario tomar las normas necesarias para dar el libre y seguro paso de los peatones.



Fig. 3.8.- Tipo de vehículos que circulan la calle en estudio.

Fuente: Propia.



Fig. 3.9.- Tipo de vehículos que circulan la calle en estudio.

Fuente: Propia.



Fig. 3.10.- Tipo de vehículos que circulan la calle en estudio.

Fuente: Propia.

Como se aprecia en las figuras 3.8, 3.9 y 3.10 los tipos de vehículos que circulan por la calle Efrén Capiz son mayormente camionetas debido a las condiciones en que se encuentra la superficie de rodamiento y porque así se ha mantenido durante mucho tiempo.



Fig. 3.11.- Peatones.

Fuente: Propia.

En la figura 3.11 se muestra cómo los peatones tienen la necesidad de caminar a una orilla de la calle ya que no hay ningún otro acceso que este pavimentado, esto representa un peligro para ellos y tiene que ser considerado para que no ocurran accidentes de gravedad, aquí la necesidad del diseño del pavimento rígido para que allá un espacio para peatones y puedan caminar libremente y sin mayor peligro.



Fig. 3.12.- Condiciones de la calle en estudio.

Fuente: Propia.



Fig. 3.13.- Condiciones de la calle en estudio.

Fuente: Propia.

En la figura 3.12 y 3.13 se aprecia cómo se va reduciendo la calle tornándose un paso vehicular peligroso debido a que es un paso de doble sentido y puede existir algún volcamiento. Esto puede ser solucionado ya que se cuenta con espacio del lado derecho, solo es cuestión de tomar los procedimientos adecuados para dar un tránsito vehicular seguro y agilizado.



Fig. 3.14.- Inicio del tramo pavimentado.

Fuente: Propia.



Fig. 3.15.- Tramo pavimentado.

Fuente: Propia.



Fig. 3.16.- Final del tramo pavimentado.

Fuente: Propia.

En las figuras 3.14, 3.15 y 3.16 se observa el inicio y el fin del tramo que se encuentra pavimentado, se puede apreciar que ya comienza a haber conjuntos habitacionales en ambos lados de la calle y el río Cupatitzio se dirige hacia otro lado. Las personas que habitan estas casas serian uno de los principales beneficiados ya que es un acceso básico con el que cuentan.



Fig. 3.17.- Condiciones más desfavorables de la calle en estudio.

Fuente: Propia.



Fig. 3.18.- Condiciones más desfavorables de la calle en estudio.

Fuente: Propia.



Fig. 3.19.- Condiciones más desfavorables de la calle en estudio.

Fuente: Propia.



Fig. 3.20.- Condiciones más desfavorables de la calle en estudio.

Fuente: Propia.

En las figuras 3.17, 3.18, 3.19 y 3.20 se pueden observar las condiciones más desfavorables hacia el final de la calle Efrén Capiz, siendo de esta manera intransitable para vehículos menores, y solo transitable para camionetas. Por esta razón es más transitable de norte a sur de la ciudad. Con esto hace que las personas que se dirigen hacia los conjuntos habitacionales mostrados anteriormente tengan que transitar de norte a sur la calle tornando así más tiempo. Con esto también existe más tráfico en horas pico en calles aledañas a esta y puede ser una buena fuga vehicular si se genera la pavimentación.



Fig. 3.21.- Final de la calle Efrén Capiz.

Fuente: Propia.



Fig. 3.22.- Vista frontal de la calle sur-norte de la ciudad.

Fuente: Propia.



Fig. 3.23.- Vista sobre la calle De Las Delicias.

Fuente: Propia.

Por último, se muestra en las figuras 3.21, 3.22 y 3.23 el final de la calle de norte a sur de la ciudad, se observa que da a la calle De Las Delicias la cual es una avenida muy transitable y puede ser un punto de conexión muy importante y podría disminuir considerablemente el tráfico en esa zona en horas pico, con esto habrá una mayor y mejor eficacia en el traslado teniendo un impacto favorable en el tiempo y consumo de combustible.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se presentará el tipo de investigación que se utilizó para la realización de esta tesis, así como los instrumentos de recopilación de datos que fueron necesarios para realizar una investigación eficiente.

4.1. Método científico.

Partiendo de lo dicho por Tamayo (2000), el método científico es aquel procedimiento para descubrir aquellas condiciones en las que se presentan sucesos específicos, se caracteriza generalmente por ser tentativo, verificable, de un razonamiento riguroso y con observación empírica.

Otra breve explicación de lo que es el método científico se dice que es la sucesión de pasos que se deben dar para descubrir nuevos conocimientos o, en otras palabras, para comprobar o disprobar hipótesis que implican o explican conductas de fenómenos que son desconocidos hasta el momento.

Es útil y recomendable usar este método, ya que tiene independencia respecto de aquello que se está investigando o estudiando y con esto es considerado el más apto debido a que es más seguro penetrar en el conocimiento de las cosas y llegar al objetivo. También es recomendable usar el método científico debido a que rechaza o elimina todo procedimiento que busca manipular la realidad de una forma caprichosa, tratando de imponer prejuicios, creencias o deseos que no se ajusten a un control adecuado de la realidad y de aquellos problemas que se investigan.

4.1.1. Método matemático.

Según Mendieta (2005), una de las primeras nociones conceptuales que capta el ser humano, es la noción de la cantidad, sin darse cuenta de que se aplica un procedimiento científico, se comparan cantidades para obtener ciertas nociones de importancia como lo son de valor económico y capacidad. Con esto se puede decir que el método matemático es aquel que asiente números relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y estas son tomadas en cuenta para afirmar o negar algo.

Se usará este método debido a que se usarán cálculos para el diseño de un pavimento rígido, se utilizarán en casi todo momento números para la obtención de datos y análisis necesarios para llevar a cabo un diseño de pavimento rígido de calidad y con un comportamiento favorable ante las situaciones que se puedan presentar.

4.2. Enfoque de la investigación.

De acuerdo con Hernández y colaboradores (2003), a lo largo de la historia de la ciencia han surgido corrientes de pensamiento como el Empirismo, el Materialismo Dialéctico, el Positivismo, la Fenomenología y el Estructuralismo, con ellas se han originado con el pasar del tiempo en diferentes rutas en la búsqueda del conocimiento. Sin embargo desde la segunda mitad del siglo XX tales corrientes se han resumido en tres enfoques principales: el enfoque cuantitativo, enfoque cualitativo y el enfoque mixto.

El enfoque cualitativo es aquel que utiliza la recolección de datos sin necesidad de medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación y puede o no probar hipótesis en todo su proceso.

El enfoque mixto representa un alto grado de integración o combinación entre los dos enfoques cualitativo y cuantitativo. Ambos son entremezclados en todo el proceso de investigación o en la mayoría de ella, también requiere de un manejo completo de los dos enfoques.

El enfoque que se utilizó en esta investigación fue el enfoque cuantitativo, el cual consiste en utilizar la recolección y análisis de datos para ayudar a contestar preguntas de investigación y probar hipótesis que se establezcan previamente, este enfoque confía en la medición numérica, el conteo y en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento que se generen en una población.

Esta investigación es de este enfoque ya que se utilizan cálculos para la realización de obras como lo es en este caso en particular, el pavimento rígido de una calle, dichos cálculos son realizados mediante estudios previos y basados en la experiencia y el comportamiento de los suelos.

4.2.1. Alcance de la investigación.

Partiendo de lo mencionado por Hernández y colaboradores (2003), en el pasado distintos autores de la metodología de la investigación clasificaron los tipos de investigación en tres: estudios exploratorios, descriptivos y explicativos. Sin

embargo actualmente son mejor conocidos y divididos en: exploratorios, descriptivos y correlacionales.

El alcance exploratorio es aquel que se efectúa cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se cuenta con muchas dudas o simplemente no se ha abordado antes. Por otro lado, el alcance correlacional es aquel que tiene como propósito evaluar la relación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables.

El alcance descriptivo tiene como finalidad especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

Esta investigación es de tipo descriptiva, ya que pretende medir y recoger información de manera independiente mediante cálculos y con esto obtener los conceptos y las variables que se presenten en la elaboración de un pavimento rígido.

4.3. Tipo de diseño de la investigación.

Como cita Hernández y colaboradores (2003), el diseño de la investigación es el plan o estrategia que se desarrollará para obtener la información necesaria para una buena investigación. Existen los diseños experimentales, no experimentales y cuasiexperimentales.

Los diseños de investigación experimentales se basan en experimentos los cuales se llevan a cabo para analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y por qué lo hacen. Los diseños

cuasiexperimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar el efecto y relación con una o más variables dependientes, difieren de los diseños de investigación experimentales en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse.

El diseño de investigación no experimental puede definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente las variables, es decir, no se varían en forma intencional las variables independientes.

Esta investigación es de tipo no experimental debido a que se toman las variables tal y como son, sin manipularlas debido a que se conoce el comportamiento que tomará el pavimento rígido ante el diseño y calculo previo.

4.3.1. Investigación transeccional.

De acuerdo con Hernández y colaboradores (2003), una investigación transeccional es aquella que recolecta datos en un cierto momento y en tiempo único. Su propósito es el de describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Un ejemplo claro sería como tomar una fotografía de algo que sucede en el momento.

Esta investigación es de tipo transeccional debido a que se recolectarán datos en un cierto tiempo y momento analizando así las variables que se presenten y lo que pueda afectar o beneficiar el diseño de un pavimento rígido.

4.4. Instrumentos de recopilación de datos.

En esta investigación se usaron distintos instrumentos o programas para la realización de cada uno de los pasos para el diseño de un pavimento rígido entre ellos se encuentra:

- Estación total: es un aparato electro-óptico utilizado en la topografía cuyo objetivo es la de medir ángulos, distancias y niveles.
- Programa AutoCAD: es un software de diseño asistido por computadora para dibujo en dos y tres dimensiones.
- Observación cuantitativa: es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables.
- Microsoft Excel: es una aplicación distribuida por Microsoft Office para hojas de cálculo.

4.5. Descripción del proceso de investigación.

Primeramente para la realización de esta investigación fue necesario llevar un plan, así como una serie de pasos para realizarla de manera eficiente y correcta. Se pensó el tema llegando a la conclusión de optar por pavimentos rígidos debido al tipo de camino y longitud, después fue necesario acudir a la biblioteca de la Universidad Don Vasco para buscar tanto libros, como tesis que se enfocarán al tema elegido y así elaborar cada uno de los capítulos. Posteriormente se analizaron antecedentes de los pavimentos rígidos, se planteó el problema que se quería resolver mediante objetivos para así generar una pregunta de investigación y con esto justificar el por qué era importante realizar este proyecto, analizando los beneficios tanto particulares

como sociales. Se acudió al lugar para identificar la micro y macro localización y se tomaron distintas fotografías para proyectar de manera gráfica el problema que se presentaba.

Se hizo un cálculo profesional para la realización de un pavimento rígido para la calle Efrén Capiz en la Colonia Valle De Las Delicias tomando en cuenta todos los factores necesarios para que trabaje de forma adecuada y poder resolver el problema planteado.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se presentarán los análisis y los procedimientos necesarios para el diseño de pavimento rígido para la calle Efrén Capiz, se mostrarán también todos los elementos que se utilizarán para realizar un diseño eficaz, cumpliendo todos los requisitos para que funcione de manera óptima.

5.1.- Aforo vehicular.

De acuerdo con Crespo (1996), se entiende por volumen de tránsito a la cantidad de vehículos de motor que transiten por un camino en determinado tiempo y en el mismo sentido. Las unidades comúnmente usadas son: vehículos por día o vehículos por hora. Es llamado tránsito promedio diario (T.P.D.) al promedio de los volúmenes de tránsito que circulan durante 24 horas en un determinado periodo.

La clase de vehículos que transitan o transitarán por un camino variará según el tipo de camino que se vaya a tratar. Así, para un camino de tipo turístico que conduzca a unas ruinas arqueológicas se puede asegurar que casi en su totalidad el tránsito será de automóviles de pasajeros, mientras que por otro lado en un camino minero la mayoría de los vehículos serán de carga mayor o menor tonelaje dependiendo del mineral que se trate y de las distintas condiciones. El tipo de tránsito influye de una manera decisiva en el proyecto de un camino, ya que afectará notablemente en la parte geométrica.

El ingeniero necesita saber cuál es la capacidad práctica de trabajo de un camino tanto para los nuevos que va a construir y en los cuales puede prever los volúmenes de tránsito que va a alojar, como para los caminos viejos los cuales pueden llegar a un punto de saturación.

La manera de conocer el tipo de tránsito en un camino ya construido no llega a presentar una dificultad ya que se reduce a una serie de conteos horarios que indican el volumen de dicho tránsito y su tipo. No sucede lo mismo cuando apenas se está proyectando el camino debido a que es necesario llevar a cabo distintos estudios geográfico-físicos, socioeconómicos y políticos de la región para llegar a obtener datos con los cuales se apoyará para proyectar.

Para el conteo de los vehículos el método más empleado es el automático que consiste en un tubo de hule cerrado en un extremo por una membrana, dicho tubo se coloca transversalmente a la vía y al paso de cada eje de un vehículo sobre el tubo, se produce un impulso de aire sobre la membrana que establece un contacto eléctrico con un aparato que va sumando el número de impulsos recibidos. Los contadores automáticos tienen una gran desventaja la cual es que no pueden clasificar los vehículos por tipo, cosa que si es factible cuando el conteo se hace de manera manual.

A continuación se mostrará un aforo vehicular en la cual se indican el tipo de vehículos de acuerdo a la norma y como complemento se muestran los peatones, bicicletas y motocicletas que circulan por la calle Efrén Capiz, también se indica el

día y la hora en la cual se asistió para realizar dicho aforo. Cabe mencionar que se usó el método manual.






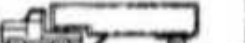


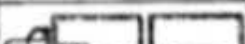
TIPO DE VEHICULO	NUM. DE EJES	ESQUEMAS		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS		
		PERFIL	PLANTA					
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	2		Ap	—	46	58	
	CAMIONETAS	2		Ac		12		
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2		B	—	12	42	
	CAMIONES	2		C2	73	100		30
		3		C3	13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

Imagen 5.1.- Clasificación general de los vehículos.

Fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras; 1991: 70.

AFORO VEHICULAR					
TIPO	VIERNES 6 DE SEPTIEMBRE 10:24 AM - 11:25 AM	DOMINGO 8 DE SEPTIEMBRE 10:19 AM - 11: 20 AM	MARTES 10 DE SEPTIEMBRE 1:28 PM - 2:30 PM	JUEVES 12 DE SEPTIEMBRE 5:51 PM - 6:52 PM	SABADO 14 DE SEPTIEMBRE 1:45 PM - 2:45 PM
AUTOMOVILES TIPO A2	33	32	33	44	35
CAMIONETAS PICK UP TIPO C2	13	21	27	21	23
CAMIONETAS CERRADAS TIPO B2	5	8	6	3	4
CAMIONES TIPO B3	3	4	5	1	2
MOTOCICLETAS	8	1	21	16	12
BICICLETAS	2	1	0	1	3
PEATONES	54	22	69	41	65

Imagen 5.2.- Aforo Vehicular.

Fuente: Propia.

Al apreciar la tabla del aforo vehicular puede distinguirse que el día en el que circularon más vehículos sin contar bicicletas, peatones y motocicletas fue el martes 10 de septiembre con 71 en total, la hora fue gran factor en ello debido a que es la “hora pico”. El día en el que hubo menor cantidad de tránsito fue el viernes 6 de septiembre con 54 vehículos.

En consecuencia, se puede observar que la calle Efrén Capiz es muy transitada a pesar de no estar pavimentada, tanto de vehículos como de peatones, esto debido a que es el único acceso a los hogares que están dentro de la misma y no existe otra ruta de acceso, con esto se demuestra la importancia que tiene de

realizar un diseño de pavimento rígido para la seguridad y el bienestar de quienes circulen por esta calle.

5.2.- Levantamiento topográfico.

Partiendo de lo dicho por Bannister (2002), la topografía se puede definir como el arte o tecnología de hacer mediciones de las posiciones relativas de accidentes naturales y todas aquellas obras hechas por el hombre sobre la superficie de la Tierra, así como la representación gráfica o numérica de esta información. El método más común de representación es mediante un plano a escala exacta de un área en las dos dimensiones que forman la planta horizontal. La tercera dimensión, es decir, la altura, es normal a la horizontal y puede representarse sobre el plano de distintas maneras. Una de ellas es la nivelación la cual se refiere a las operaciones por medio de las cuales se obtiene la diferencia relativa de alturas entre varios puntos sobre la superficie terrestre.

Los levantamientos se dividen en geodésicos y topográficos, los geodésicos se distinguen por la técnica y el uso que se les da, las redes de mediciones de ángulos y distancias entre puntos son necesarias para controlar todos los levantamientos de este tipo y al levantar grandes áreas, como un país completo, mediciones que deben hacerse con los estándares de precisión más altos y rigurosos posibles. Los métodos modernos para esta tarea incluyen sistemas de posicionamiento por satélite, los cuales son capaces de obtener coordenadas tridimensionales de cualquier punto sobre la superficie de la Tierra con su campo

gravitatorio que es conocido como Geodesia, de ahí el nombre al levantamiento de este tipo.

Los levantamientos topográficos producen mapas y planos de accidentes naturales hechos por el hombre. En realidad no existe una diferencia lo suficientemente clara entre mapa y plano, pero en general se acepta que en un plano los detalles quedan dibujados a escala exacta, mientras que en un mapa muchas de las características se deben representar por símbolos a escala pequeña. La información sobre alturas puede agregarse como alturas de puntos, que representan puntos de altura individual, o como curvas de nivel, que ofrecen menos detalles, pero más representación visual del área. Con frecuencia las alturas de puntos específicos o individuales se muestran sólo en planos.

Los levantamientos para proyectos de ingeniería abarcan todos los trabajos topográficos requeridos antes, durante y después de cualquier trabajo de ingeniería. Antes de comenzar cualquier tipo de trabajo se requiere de un mapa topográfico a gran escala o plano que sirva de base al diseño que se quiera realizar. La posición propuesta de cualquier nuevo tipo de construcción debe marcarse en el terreno, tanto en planta como en elevación, operación conocida como replanteo o trazado.

En especial para el diseño y construcción de nuevas rutas, por ejemplo, caminos y vías férreas, pero también en muchos otros aspectos de los levantamientos, se requiere calcular las áreas y volúmenes de terracerías y los datos para trazar las curvas de alineamiento para rutas terrestres.

Para el diseño de pavimento rígido para la Calle Efrén Capiz fue necesario hacer un levantamiento topográfico para el cual se utilizó una estación total, el cual es un aparato electro-óptico utilizado en la topografía y cuyo objetivo es la de medir ángulos, distancias y niveles mediante puntos. Estos puntos fueron bajados desde el aparato al software AutoCAD y con ayuda del software CivilCAD se mostró con esto como se encuentra la calle Efrén Capiz y se sacaron 2 perfiles de elevaciones debido a que una sección de la misma ya se encuentra pavimentada, 1 perfil se muestra como “puente” en la cual se muestra una gráfica indicando cada elevación a cada 40 m. De igual manera en el segundo perfil llamado “viaducto” se muestra la gráfica la cual muestra cada elevación a cada 40 m. Este levantamiento topográfico se muestra en los anexos.

5.3.- Valor Relativo de Soporte (VRS).

De acuerdo con Rico y Del Castillo (1994), en el ensaye de Valor Relativo de Soporte o mejor conocido como VRS, dicho ensaye fue originalmente desarrollado por el Departamento de Carreteras del Estado de California; el VRS de un suelo, se obtiene de una prueba de penetración, en la que un vástago de 19.4 cm^2 (3 plg²), de área se hace penetrar en un molde con un suelo que es previamente compactado a 2,000 psi, la penetración de dicho vástago se realiza con una velocidad de 0.127 cm/min (0.05 plg/min), registrando la carga de penetración a cada 0.25 cm (0.1”); El espécimen de suelo en el cual se realiza el ensaye, está confinado en un molde de acero de 15.2 cm (6”) de diámetro, y una altura de 20.30 cm (8”), el suelo se prepara cribando el material seco por la malla de 2.54 cm (1”), para después agregar el agua necesaria para con esto obtener la humedad óptima de compactación, pesando 4 kg

de material húmedo el cual se colocará en el molde distribuido en tres capas varillas, es decir poner 1 capa por vez y penetrando con una varilla por varias veces hasta completar las 3 capas, para colocarlo en una prensa que le aplicará una carga de 140 kg/cm^2 , carga aplicada uniformemente en la superficie del suelo al interior del molde, este proceso se denominaba ensaye Porter, en la actualidad con la aplicación del ensaye AASHTO tanto Estándar como Modificado, se debe igualar las características de Masa Volumétrica Seco Máximo y Humedad óptima de compactación obtenidas en los ensayos previos, y posteriormente aplicar la penetración que nos determinará el VRS del material que se está estudiando.

Existen diversos factores los cuales pueden afectar los resultados de VRS de un suelo lo cuales son: la textura del suelo en la superficie interior del molde, el contenido de agua el cual no sea el óptimo, y la condición de compactación dada al espécimen. En seguida se mostrará el cálculo del VRS en el cual se muestran los resultados obtenidos de esta prueba.

LECTURAS DE ENSAYE		
CTE CARGA:	3079.11 (LECT) - 5.96 EN KG	
DEF. (MM)	LEC. (MM)	CARGA (KG)
0.00		
2.00	0.095	286.56
4.00	0.118	357.37
6.00	0.300	917.77
8.00	0.365	1117.92

FORMULA DEL VRS
$\text{VRS} = \frac{2\text{da Lect.}}{1425} \times 100$

VALOR RELATIVO DE SOPORTE	
VRS (%) 2a lectura	25%

	VRS (MIN)
TERRAPLEN	5
SUBYACENTE	10
SUBRASANTE	20
SUBBASE	50/60
BASE	80

CALIDAD DE LA MUESTRA
SUBRASANTE DE BUENA CALIDAD

Imagen 5.3.- Lecturas y determinación de VRS.

Fuente: Propia.

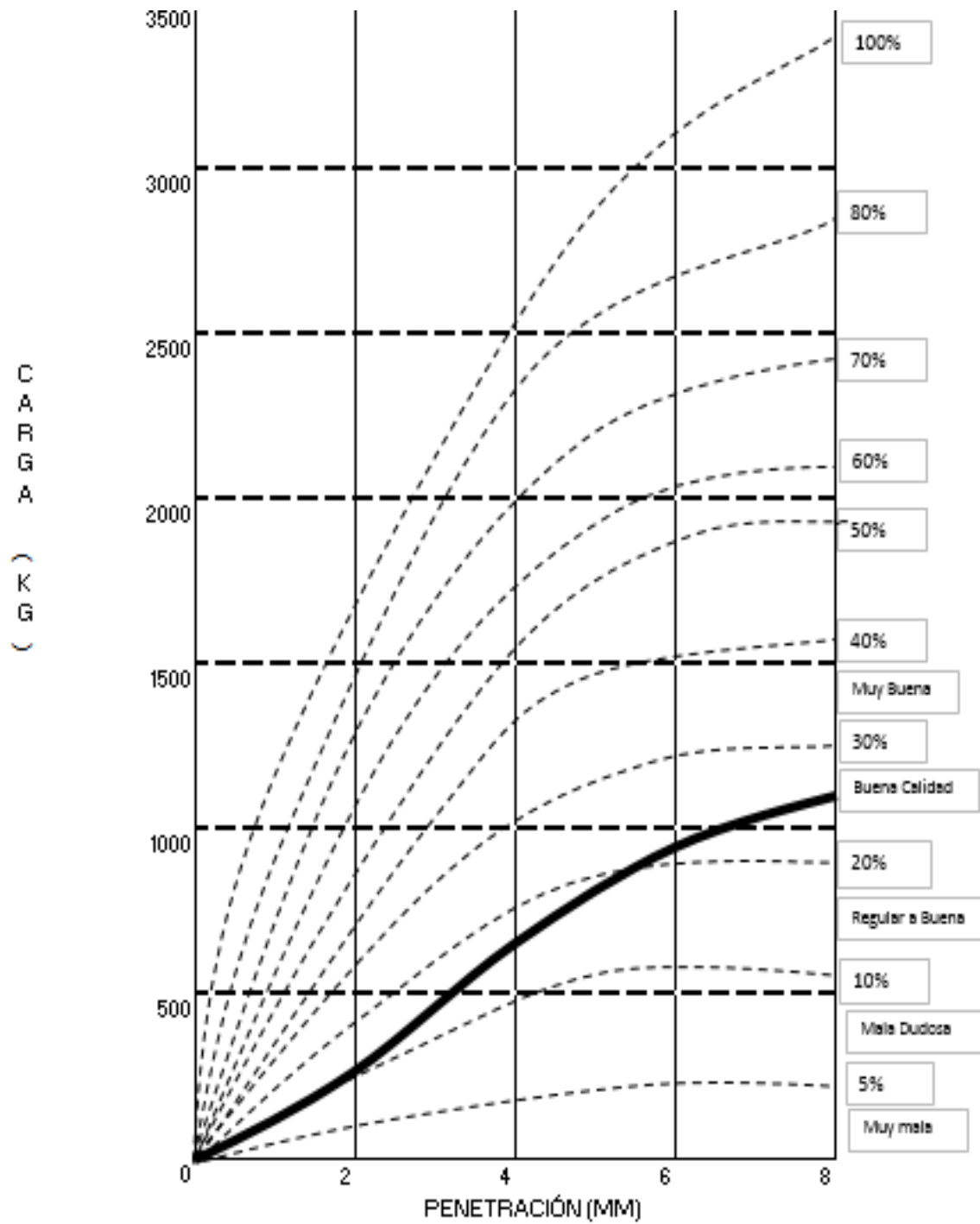


Imagen 5.4.- Gráfica de ensaye de VRS.

Fuente: Propia.

Por lo tanto se determinó un VRS de 25% el cual es un valor que se deberá tomar en cuenta para la realización del diseño de pavimento rígido.

5.4.- Diseño del pavimento rígido por el método PCA.

De acuerdo con Rico y Del Castillo (1994), el método que se eligió para el diseño de pavimento rígido para la calle Efrén Capiz fue el de Portland Cement Association (PCA), el cual se basa principalmente en el concepto de consumo de resistencia, este método calcula las distintas tensiones que son producidas por el tránsito en cada rango de carga, comparándolas con la resistencia de diseño, estableciendo con esto el número de repeticiones permitidas en cada rango de carga, que comparado con el número de repeticiones esperadas, permite establecer un porcentaje de consumo de resistencia por cada rango, y cuya suma no debe exceder de un 100% así mismo dentro de este método existe el análisis por erosión el cual limita los efectos de la deflexión del pavimento en los bordes y esquinas de las losas, y con ello controlar la erosión del material de cimentación.

Existen diversos factores que se deben tomar en cuenta para este método principalmente son el Valor Relativo de Soporte (VRS), el tipo y cantidad de vehículos que pasan por la vialidad y con ello obtener el Tránsito de Proyecto Diario Anual (TPDA). A continuación se muestran los cálculos para obtener este valor.

AUTOMOVILES TIPO A2	33	32	33	44	35
CAMONETAS PICK UP TIPO C2	13	21	27	21	23
CAMONETAS CERRADAS TIPO B2	5	8	6	3	4
CAMIONES TIPO B3	3	4	5	1	2

Imagen 5.5.- Resumen de aforo vehicular.

Fuente: Propia.

Se muestra un resumen del aforo vehicular en el cual solo se considerarán los vehículos que estén clasificados en la norma de la SCT, dejando a un lado las motocicletas, peatones y bicicletas.

PROMEDIO DE VEHÍCULOS SEMANALES		
TIPO	TOTAL	PROMEDIO
A2	177	35
C2	105	21
B2	26	5
B3	15	3

Imagen 5.6.- Promedio de vehículos semanales.

Fuente: Propia.

Para posteriormente hacer un promedio de vehículos que transitan la vialidad, de acuerdo al aforo realizado se toma el total de los vehículos que transitan, para después dividirlo por los días que se asistió a realizar el aforo en este caso 5 días.

CÁLCULO DEL TPDA		
TIPO	PROMEDIO DE VEHICULOS SEMANALES	PERIODO 12 HORAS
A2	35	420
C2	21	252
B2	5	60
B3	3	36
	TPDA	768

Imagen 5.7.- Cálculo del TPDA.

Fuente: Propia.

Obteniendo el promedio de vehículos se multiplica por un periodo de 12 horas las cuales son las consideradas debido a que las 12 horas restantes son de noche y el tránsito baja considerablemente. Al sumar el total de vehículos transitables en un periodo de 12 horas se obtiene el TPDA, el cual fue de 768 vehículos.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE VEHÍCULOS PARA EL DISEÑO			
TIPO	PERIODO 12 HORAS	TPDA	PORCENTAJE
A2	420	768	54.69%
C2	252	768	32.81%
B2	60	768	7.81%
B3	36	768	4.69%
		TOTAL	100%

Imagen 5.8.- Determinación del porcentaje de vehículos para el diseño.

Fuente: Propia.

Obteniendo el valor de TPDA se hace una distribución de tránsito expresada en porcentaje, esta distribución tiene que sumar el 100% que representa el total de los vehículos.

RESUMEN DE PORCENTAJES DE ACUERDO AL TIPO DE VEHÍCULO	
TIPO	PORCENTAJE
A1	27%
A2	25.69%
B2,B3	12.50%
C2	32.81%
TS-S1	2%
TOTAL	100.00%

Imagen 5.9.- Resumen de porcentajes de acuerdo al tipo de vehículo.

Fuente: Propia.

Para los efectos de diseño se sacó un resumen de los vehículos expresado en porcentajes, los cuales fueron distribuidos de manera conveniente y bajo criterios de diseño. Se distribuyó el tránsito del tipo A2 para agregar el tipo A1 y también para tomar un porcentaje mínimo para el tipo TS-S1, también se sumó el tipo B2 y B3.

Otro factor a considerar será el periodo de diseño del pavimento el cual es seleccionado en función del tipo de vía, nivel de tránsito y un análisis económico y de servicio, generalmente para pavimento rígidos es de 20 años, este valor será utilizado para el diseño y se utilizará una tasa de crecimiento anual de 1.20%.

Otro dato necesario es el FP (factor de proyección) el cual se obtiene con la siguiente fórmula:

$$FP = (1 + \text{tasa de crecimiento})^{\text{Periodo de diseño}}$$

Calculando se tiene:

$$FP = (1 + 1.20)^{20}$$

$$FP = 1.27$$

Para determinar el factor de seguridad se basa principalmente del tipo de camino así como el volumen de tránsito, estos valores se recomiendan de la siguiente manera:

- 1.3 Casos especiales con muy altos volúmenes de tráfico pesado y cero mantenimientos.
- 1.2 Para Autopistas o vialidades de varios carriles en donde se presentará un flujo ininterrumpido de tráfico y altos volúmenes de tráfico pesado.
- 1.1 Autopistas y vialidades urbanas con volúmenes moderados de tráfico pesado.
- 1.0 Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.

Para efectos del presente diseño de pavimento rígido y de las características del camino se tomará un factor de seguridad de 1.0. Así mismo con todos los datos obtenidos anteriormente se puede calcular el volumen total de vehículos esperados en la vida de proyecto mediante la siguiente formula:

$$V_t = \frac{TPDA (FP)}{N} \left(\frac{TCP}{100}\right) \left(\frac{CCP}{100}\right) (365)(n)$$

Donde:

V_t = Volumen total de vehículos esperados en la vida de proyecto.

FP = Factor de proyección.

TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual.

N = Número de carriles.

TCP = Porcentaje de vehículos pesados. (Suma de porcentaje de vehículos excluyendo tipo A1 y tipo A2).

n = Periodo de diseño (años).

CCP = Factor de corrección.

Calculando:

$$VT = \frac{768 (1.27)}{1} \left(\frac{47}{100}\right) \left(\frac{1}{100}\right) (365) (20)$$

$$VT = 3, 344,969.70$$

Así para este diseño se tiene un valor de vehículos total de 3, 344,969.70 y este valor será utilizado para las repeticiones esperadas. El método seleccionado, establece que en base a la distribución de los tipos de vehículos esperados en la vida de proyecto, se determine el número de ejes equivalente, tanto sencillos con tándem y al peso que tiene cada uno de ellos en la estructura, nos determinarán el total de ejes por cada 1,000 vehículos y por ende las repeticiones de cargas esperadas para cada tipo y peso de los ejes. Esto se obtuvo con el uso de una hoja de cálculo, la cual se mostrará a continuación la primer parte antes de calcular si es factible el espesor losa de concreto hidráulico propuesto.

DATOS GENERALES DEL AFORO DE CAMPO								
CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO EN PORCENTAJE:					DATOS GENERALES:			
A =	27.00%	A2 =	25.69%	B2, B3 =	12.50%	TPDA =	768.0	
C2 =	32.81%	C3 =	0.00%	T2 - S1 =	2.00%	TASA CRECIMIENTO ANUAL	1.20%	
T2 - S2 =	0.00%	T3 - S2 =	0.00%	T3 - S3 =	0.00%	PERIODO DE DISEÑO AÑOS	20.0	
Suma Porcentaje =		100.00%						
CALCULO DEL VOLUMEN TOTAL DE VEHICULOS EN LA VIDA DE PROYECTO.								
TPDA	768.0	Tránsito promedio diario anual.		n =	20.0	P. de diseño (años).		
FP =	1.27	Factor de Proyección.						
N =	1.0	Numero de carriles en un sentido.						
r =	1.20%	Tasa de crecimiento anual.						
Tcp =	47.00%	Porcentaje de vehículos pesados.						
CCP =	1.0	Factor corrección de tránsito en el carril de diseño.						
								vt = 3,344,969.70
DETERMINACION DE REPETICIONES ESPERADAS.								
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Número de Vehículos	Número de Ejes del Vehículo		Peso de los Ejes. (Ton)		
				Delanteros	Traseros	TOTALES	Delanteros	Traseros
EJES SENCILLOS								
A2	2.0	52.7%	405	405	405	810	1.0	1.0
B2	15.5	12.5%	96	96	96	192	5.5	10.0
C2	15.5	32.8%	252	252	---	252	5.5	---
C3	23.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---
T2-S1	24.5	2.0%	15	15	---	15	5.5	---
T2-S2	31.5	0.0%	0	0	---	0	5.5	---
T3-S2	39.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---
T3-S3	43.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Clasificación de Ejes		Total Ejes C/1000 Vehic	REPETICIONES ESPERADAS		
			Peso Eje	Total Ejes		TOTALES	Delanteros	Traseros
A2	2.0	52.7%	1	810	1054.69	3,527,897.73		
B2	15.5	12.5%	5.5	363	472.66	1,581,020.83		
C2	15.5	32.8%	10	96	125.00	418,121.21		
C3	23.0	0.0%						
T2-S1	24.5	2.0%						
T2-S2	31.5	0.0%						
T3-S2	39.0	0.0%						
T3-S3	43.0	0.0%						
DETERMINACION DE REPETICIONES ESPERADAS.								
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Número de Vehículos	Número de Ejes del Vehículo		Peso de los Ejes. (Ton)		
				Delanteros	Traseros	TOTALES	Delanteros	Traseros
EJES TANDEM								
C2	15.5	32.8%	252	---	252	252	---	18.0
C3	23.0	0.0%	0	---	0	0	---	18.0
T2-S1	24.5	2.0%	15	15	15	30	18.0	18.0
T2-S2	31.5	0.0%	0	0	0	0	18.0	18.0
T3-S2	39.0	0.0%	0	0	0	0	18.0	22.5
T3-S3	43.0	0.0%	0	0	0	0	18.0	22.5
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Clasificación de Ejes		Total Ejes C/1000 Vehic	REPETICIONES ESPERADAS		
			Peso Eje	Total Ejes		TOTALES	Delanteros	Traseros
C2	15.5	32.8%	18	282	367.19	1,228,231.06		
C3	23.0	0.0%						
T2-S1	24.5	2.0%						
T2-S2	31.5	0.0%						
T3-S2	39.0	0.0%						
T3-S3	43.0	0.0%						

Ahora con los resultados de las repeticiones esperadas se procede a calcular el espesor de la subbase y espesor de la losa de concreto. Para esto se necesitan distintos datos, uno de ellos es el Módulo de Ruptura (MR) el cual se propondrá de la siguiente manera:

$$MR = 0.12 f'c$$

$$F'c = MR / 0.12$$

Calculando:

$$MR \text{ (propuesto)} = 36 \text{ Kg /cm}^2,$$

$$F'c = 36 \text{ Kg /cm}^2, / 0.12$$

$$F'c = 300 \text{ Kg /cm}^2$$

Otro dato necesario es el Modulo de Reacción (K), el cual se obtiene con el VRS y entrando a la siguiente gráfica:

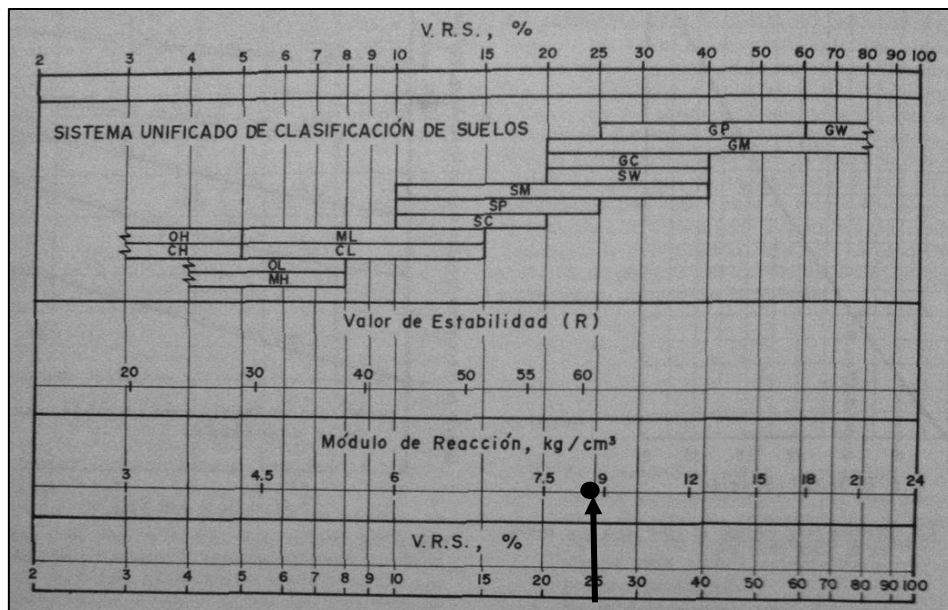


Imagen 5.10.- Gráfica para obtener el Módulo de Reacción.

Fuente: Rico y Del Castillo; 212: 1994.

Se entra a la gráfica con el VRS obtenido el cual es de 25% y se sube en línea recta hasta llegar al Módulo de Reacción el cual es aproximadamente de 8.75 Kg/cm³. Este valor obtenido aún es necesario mejorarlo, para ello es necesario proponer el espesor de la subbase el cual será de 20 cm. Con estos 2 datos se entra a la siguiente gráfica para obtener el Módulo de Reacción mejorado.

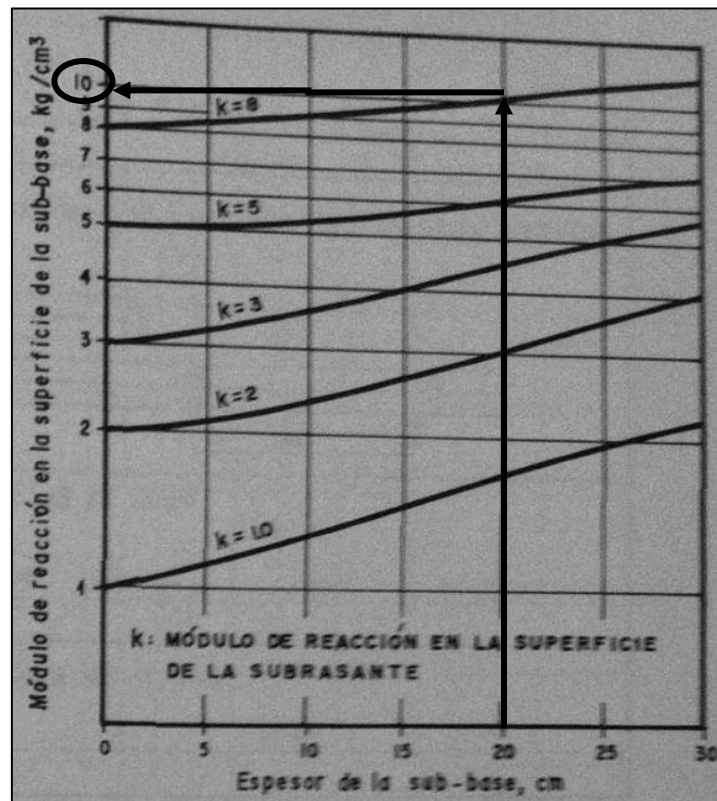


Imagen 5.11.- Gráfica para obtener el Módulo de Reacción mejorado.

Fuente: Rico y Del Castillo; 211: 1994.

Con la gráfica anterior se obtuvo un Módulo de Reacción mejorado entrando con el espesor de la sub-base propuesto 20 cm y el Módulo de Reacción de 8.75 Kg/cm³, para lo cual nos da como resultado un Módulo de Reacción Mejorado de 10 Kg/cm³, el cual será el considerado para el cálculo del espesor de la losa de concreto.

Ahora es necesario utilizar la gráfica siguiente para conocer el esfuerzo actuante en ejes sencillos (MR), para ello es necesario proponer un espesor de losa de concreto hidráulico para este caso se propondrá 17.5 cm, el Módulo de Reacción Mejorado (K) de 10 Kg/cm³, y los pesos en ejes sencillos de acuerdo al tipo de vehículo, en este caso los pesos son de 1 t, 5.5 t, 10 t.

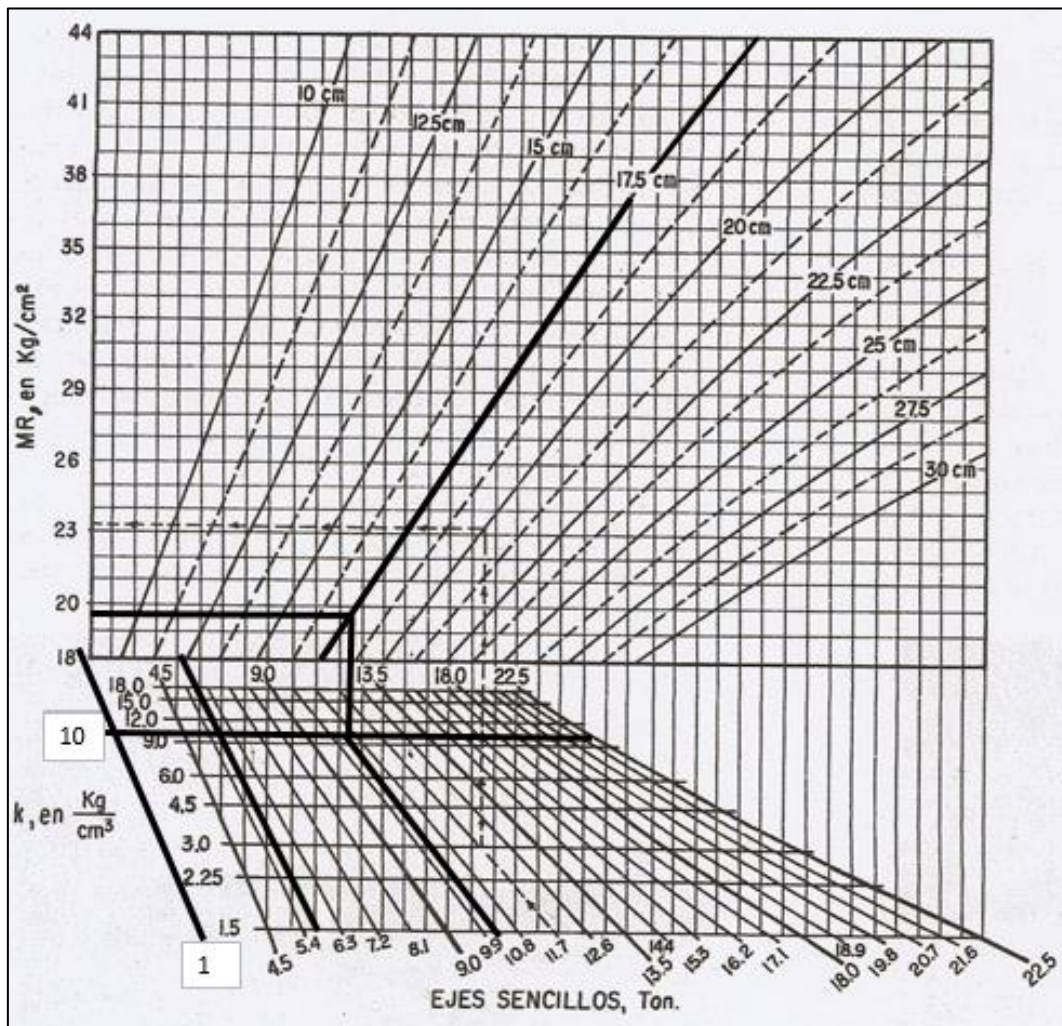


Imagen 5.12.- Gráfica para obtener el esfuerzo actuante en ejes sencillos.

Fuente: Rico y Del Castillo; 222: 1994.

Al entrar con los valores anteriormente dichos se obtiene que para 1 t se tiene un MR menor de 18 Kg/cm², para 5.5 t se tiene un MR menor de 18 Kg/cm² y para 10 t se tiene un MR de 19 Kg/cm².

De igual manera es necesario hacer el mismo procedimiento pero ahora con el peso de ejes tandem de acuerdo al tipo de vehículo, los cuales son de 18 t y 22.5 t.

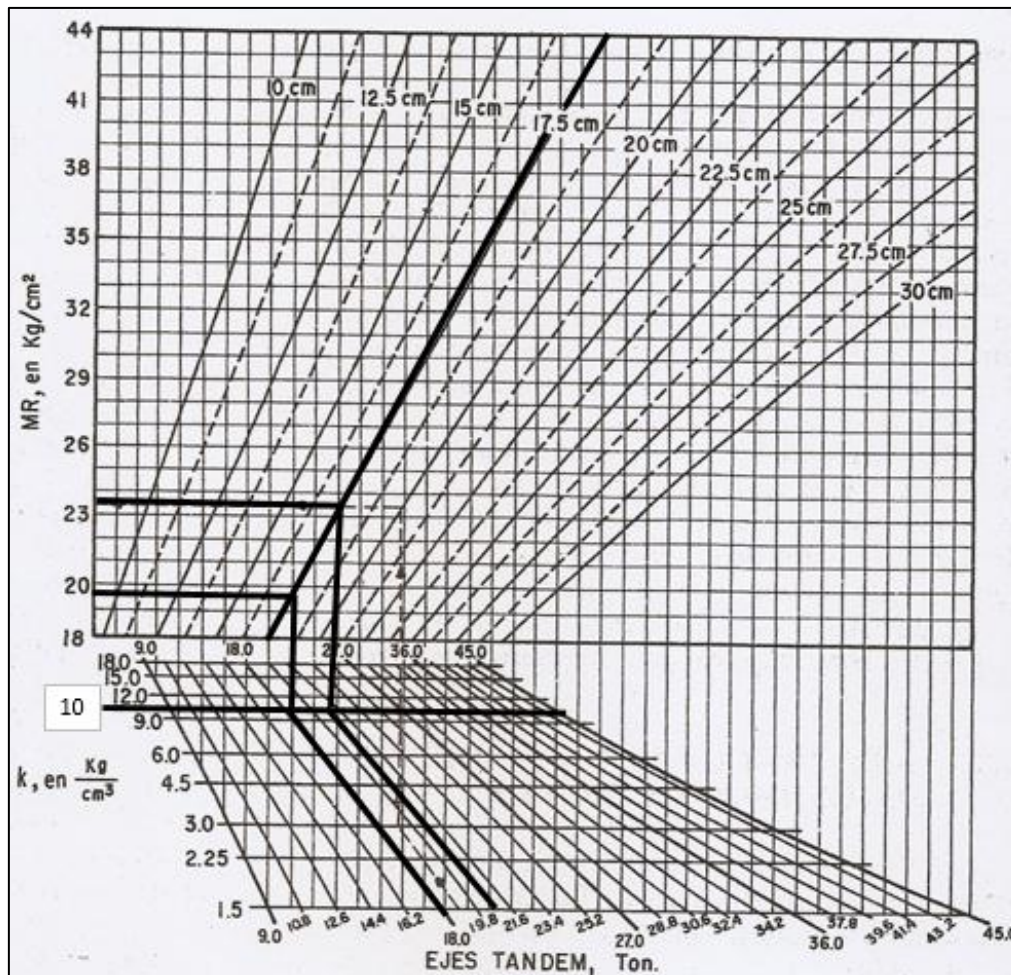


Imagen 5.13.- Gráfica para obtener el esfuerzo actuante en ejes tandem.

Fuente: Rico y Del Castillo; 222: 1994.

Al entrar con los valores correspondientes se obtiene que para 18 t se tiene un MR de 19 Kg/cm² y para 22.5 t un MR de 23.5 Kg/cm². Ahora al tener los valores

de MR para ejes sencillos y ejes tandem es necesario calcular la relación de resistencias, la cual solo se calculará para los valores de MR mayor a 18 Kg /cm² los que sean menores se tomará una relación de resistencias de 0.50. Esta relación de resistencias se calculará mediante la siguiente formula:

$$Rr = \frac{MR \text{ (actuante)}}{MR \text{ (disponible)}}$$

Calculando para ejes sencillos:

$$Rr = \frac{19}{36}$$

$$\underline{Rr = 0.53}$$

Calculando para ejes tandem:

$$Rr = \frac{19}{36}$$

$$\underline{Rr = 0.53}$$

$$Rr = \frac{23.5}{36}$$

$$\underline{Rr = 0.65}$$

Con los valores de relación de resistencias calculados se procede a entrar a la imagen 5.13, en la cual indicará el número permisible de repeticiones.

<i>Relación de Resistencias</i>	<i>Número permisible de repeticiones</i>	<i>Relación de Resistencias</i>	<i>Número permisible de repeticiones</i>
0.51	400,000	0.69	2,500
0.52	300,000	0.70	2,000
0.53	240,000	0.71	1,500
0.54	180,000	0.72	1,100
0.55	130,000	0.73	850
0.56	100,000	0.74	650
0.57	75,000	0.75	490
0.58	57,000	0.76	360
0.59	42,000	0.77	270
0.60	32,000	0.78	210
0.61	24,000	0.79	160
0.62	18,000	0.80	120
0.63	14,000	0.81	90
0.64	11,000	0.82	70
0.65	8,000	0.83	50
0.66	6,000	0.84	40
0.67	4,500	0.85	30
0.68	3,500		

Imagen 5.14.- Tabla para obtener el número permisible de repeticiones.

Fuente: Rico y Del Castillo; 215: 1994.

Por último al tener el número permisible de repeticiones se procederá a calcular el porcentaje de fatiga consumido el cual se obtiene de la siguiente manera:

$$PFC = \frac{\text{Repeticiones esperadas}}{\text{Repeticiones permisibles}}$$

Teniendo todos los datos anteriores se procede a mostrar la segunda parte de la hoja de cálculo para determinar si es factible el espesor de losa de concreto hidráulico propuesto de 17.5 cm.

CÁLCULO DEL ESPESOR.					
Modulo de Ruptura $\text{kg/cm}^2 =$	36.00	Concreto $f_c \text{ kg/cm}^2 =$	300.00		
Factor de seguridad=	1.0	Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.			
Determinación de la capacidad cortante de la capa de apoyo.					
% VRS	25.00	VRS de diseño saturado:	25.00		
Obtención del Módulo de reacción de la capa de apoyo "K", utilizando una subbase de buena calidad y espesor (cm):					20.00
Módulo de Reacción "k" mejorado =		10.00			
Tomando en cuenta los datos del tránsito y las propiedades mecánicas del concreto se determinará la fatiga consumida mediante la siguiente tabla.					
SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 17.5 CM.					
Peso por Eje	Peso afectado por F.S.	Esfuerzo actuante	Relación de Esfuerzos	Repeticiones permisibles	Porcentaje de Fatiga consumido
EJES SENCILLOS					
1.0	1.0	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
5.5	5.5	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
10.0	10.0	19.0	0.53	240,000.00	174.2%
EJES TANDEM					
18.0	18.0	19.0	0.53	240,000.00	511.8%
22.5	22.5	23.5	0.65	8,000.00	0.0%
SUMA =					686%

Al calcular y sumar el porcentaje de fatiga consumida como resultado un 686%, el cual nos indica que el espesor de losa de concreto hidráulico propuesto de 17.5 cm no es factible debido a que es mayor del 100% y por lo tanto no se acepta, por esta razón se propondrá un espesor de losa de concreto hidráulico de 20 cm y se muestra a continuación la hoja de cálculo.

CÁLCULO DEL ESPESOR.					
Modulo de Ruptura $\text{kg/cm}^2 =$	36.00	Concreto $f_c \text{ kg/cm}^2 =$	300.00		
Factor de seguridad=	1.0	Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.			
Determinación de la capacidad cortante de la capa de apoyo.					
% VRS	25.00	VRS de diseño saturado:	25.00		
Obtención del Módulo de reacción de la capa de apoyo "K", utilizando una subbase de buena calidad y espesor (cm):					
Módulo de Reacción "k" mejorado =	10.00	20.00			
Tomando en cuenta los datos del tránsito y las propiedades mecánicas del concreto se determinará la fatiga consumida mediante la siguiente tabla.					
SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 20 CM.					
Peso por Eje	Peso afectado por F.S.	Esfuerzo actuante	Relación de Esfuerzos	Repeticiones permisibles	Porcentaje de Fatiga consumido
EJES SENCILLOS					
1.0	1.0	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
5.5	5.5	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
10.0	10.0	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
EJES TANDEM					
18.0	18.0	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
22.5	22.5	20.0	0.56	100,000.00	0.0%
SUMA =					0%

Al calcular nuevamente, suponiendo un espesor de losa de concreto hidráulico de 20 cm y utilizando el procedimiento explicado anteriormente da como resultado la suma de porcentaje de fatiga consumido 0%, lo cual indica que el espesor propuesto es factible y es utilizable para el pavimento. Por lo tanto el diseño de espesores queda de la siguiente manera:


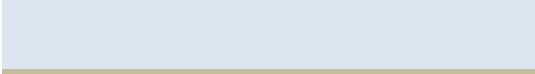

Espesor (cm)	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	NOTAS
20.00		CONCRETO HIDRAULICO MR 36 KG/CM2
20.00		SUBBASE HIDRUALICA VRS MIN 50
-		TERRENO NATURAL

Imagen 5.15.- Estructura de pavimento rígido.

Fuente: Propia.

Determinado el espesor de la losa de concreto que se utilizará para el proyecto, se realiza el diseño de las juntas que se deberán utilizar, las juntas tienen como objetivo controlar la fisuración y el agrietamiento natural que sufre un concreto, durante su construcción y uso, adicionalmente tienen la función de dividir el pavimento en secciones adecuadas para el proceso constructivo, permiten también el movimiento y el fenómeno de alabeo en las losas, y permiten la transferencia de carga entre losas.

En la imagen 5.16 se determinará el tamaño de varilla y distancias para las juntas longitudinales de acuerdo al espesor del pavimento, en este caso 20 cm.

Espesor Pavimento (cm)	Tamaño de varilla (cm)	Distancia al extremo libre			
		305 cm	366 cm	427 cm	732 cm
12.7	1.27 x 61	76 cm	76 cm	76 cm	71 cm
14	1.27 x 64	76 cm	76 cm	76 cm	64 cm
15.2	1.27 x 66	76 cm	76 cm	76 cm	58 cm
16.5	1.27 x 69	76 cm	76 cm	76 cm	53 cm
17.8	1.27 x 71	76 cm	76 cm	76 cm	51 cm
19.1	1.27 x 74	76 cm	76 cm	76 cm	46 cm
20.3	1.27 x 76	76 cm	76 cm	76 cm	43 cm
21.6	1.27 x 79	76 cm	76 cm	71 cm	41 cm
22.9	1.59 x 76	91 cm	91 cm	91 cm	61 cm
24.1	1.59 x 79	91 cm	91 cm	91 cm	58 cm
25.4	1.59 x 81	91 cm	91 cm	91 cm	56 cm
26.7	1.59 x 84	91 cm	91 cm	91 cm	53 cm
27.9	1.59 x 86	91 cm	91 cm	91 cm	51 cm
29.2	1.59 x 89	91 cm	91 cm	91 cm	48 cm
30.5	1.59 x 91	91 cm	91 cm	91 cm	46 cm

Imagen 5.16.- Tabla para determinación de varillas y longitudes.

Fuente: Manual del Constructor; 180: 2003.

Por lo tanto las juntas longitudinales quedarán de la siguiente manera:

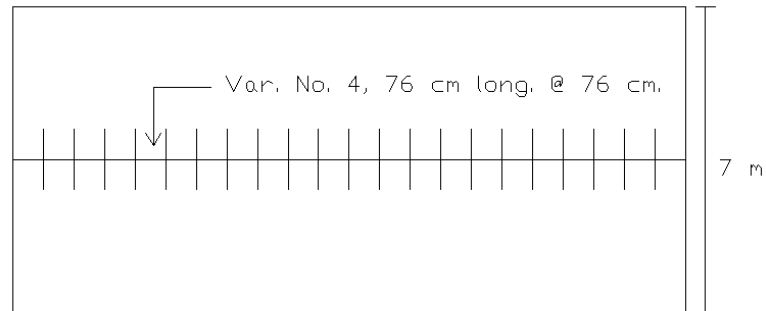


Imagen 5.17.- Juntas longitudinales para diseño de pavimento rígido.

Fuente: Propia.

Ahora se determinará el diseño de pasajuntas las cuales se usan en las juntas transversales para transferir las cargas a las losas adyacentes. El esfuerzo y la deflexión en la junta son mucho más pequeños cuando las cargas son soportadas por dos losas. El uso de pasajuntas puede minimizar las fallas de bombeo y de diferencia de elevación de juntas, las cuales han sido consideradas por la PCA como factores importantes en el diseño de espesor. En la imagen 5.18 se determinará el tamaño de varilla y distancias de acuerdo al espesor del pavimento en este caso 20 cm.

Espesor de Losa		Barras Pasajuntas					
		Diámetro		Longitud		Separación	
cm	in	mm	in	cm	in	cm	in
13 a 15	5 a 6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	32	1 1/4	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	38	1 1/2	51	20	38	15
43 a 50	17 a 20	45	1 3/4	56	22	46	18

Imagen 5.18.- Diámetros y longitudes recomendadas en pasajuntas.

Fuente: Manual del Constructor; 182: 2003.

Por lo tanto las juntas transversales quedarán de la siguiente manera:

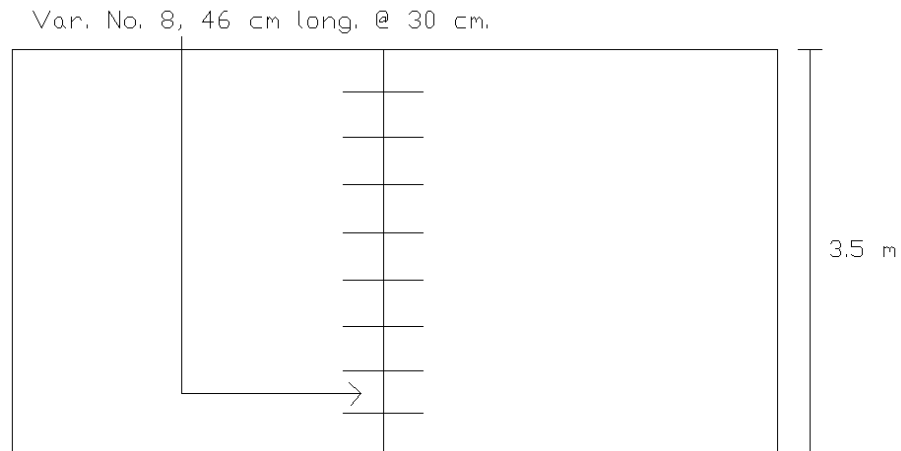


Imagen 5.19.- Juntas transversales para diseño de pavimento rígido.

Fuente: Propia.

Por último se procede a diseñar la modulación de losas la cual se refiere a definir la forma que tendrán los tableros de losas del pavimento. Esta forma se da en base a las dimensiones de tableros, o dicho de otra forma, a la separación entre juntas tanto transversales como longitudinales.

La modulación de losas va a estar regida por la separación de las juntas transversales que a su vez depende del espesor del pavimento. Existe una regla práctica que permite dimensionar los tableros de las losas para inducir el agrietamiento controlado bajo sus cortes, sin necesidad de colocar acero de refuerzo continuo. La cual se expresa de la manera siguiente:

$$SJT = (21 \text{ a } 24) D$$

Donde:

SJT = Separación de Juntas Transversales (≤ 5.0 m).

D = Espesor del pavimento.

Calculando para un espesor de 20 cm.

$$\text{SJT} = (24) \times 20$$

$$\underline{\text{SJT} = 480 \text{ cm} < 500 \text{ cm}}$$

Para aceptar este valor tiene que cumplir con la expresión siguiente:

$$0.71 < X / Y < 1.4$$

En donde:

X = Distancia vertical de la losa.

Y = Distancia horizontal de la losa.

Calculando se tiene:

$$\frac{4.8}{3.5} = 1.37$$

$$\underline{0.71 < 1.37 < 1.4}$$

Por lo tanto cumple y la separación de juntas será de 4.8 m. Y quedará de la siguiente forma:

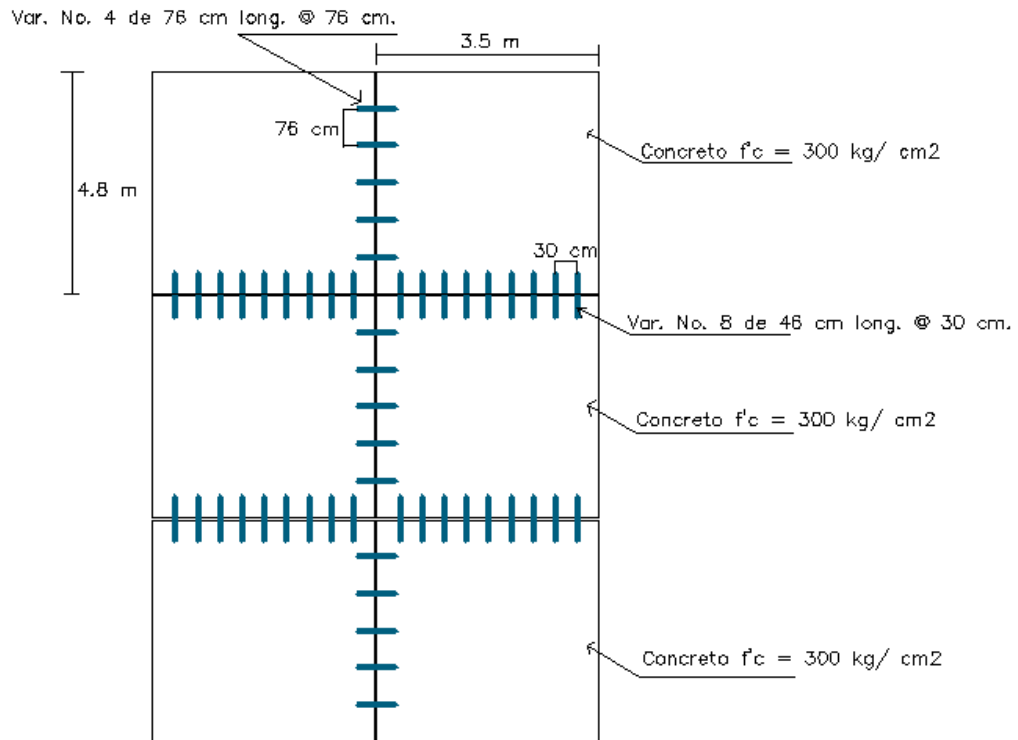


Imagen 5.20.- Diseño de Losas.

Fuente: Propia.

CONCLUSIÓN

Dentro de la presente tesis se planteó la siguiente pregunta de ¿cuál es el diseño óptimo de pavimento rígido de la calle Efrén Capiz en la colonia Valle de las Delicias en la ciudad de Uruapan, Michoacán? para lo cual se respondió adecuadamente al diseñar la estructura de pavimento rígido para la calle Efrén Capiz, mediante el uso y comprensión de uno de los métodos más utilizados en la actualidad para este tipo de estructuras, en la cual se analizaron dos opciones en cuestión de espesores propuestos y con ello se obtuvo la estructuración más adecuada en cuestión de análisis teórico la cual se mencionará en seguida.

Losa de concreto hidráulico con un espesor de 20 cm, realizada con concreto hidráulico de un Módulo de ruptura no menor a 36 Kg/cm² en la cual se utilizarán juntas longitudinales con varilla del No. 4 de 76 cm de longitud @ 76 cm y juntas transversales con varilla del No. 8 de 46 cm de longitud @ 30 cm. También se contemplan acotamientos de concreto hidráulico, conformados con las mismas características del concreto utilizado en las losas principales.

Por debajo de las losas de concreto hidráulico, se conformará una capa de subbase con un espesor de 20 cm, la cual deberá cumplir con las especificaciones correspondientes de la normativa SCT. Con los distintos resultados obtenidos del diseño de pavimento realizado se concluye que el objetivo principal de esta tesis ha sido satisfactoriamente realizado.

Por otro lado, se le dio respuesta a los demás objetivos planteados en la presente tesis, como el de establecer que es una vialidad urbana la cual se supo que

una vía pública es todo espacio de uso común que por disposición de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, se encuentra destinado al libre tránsito, de conformidad con la Ley y reglamentos de la materia, así como todo inmueble que de hecho se destine para ese fin.

Se cumplió también con el objetivo de elaborar un aforo vehicular del tramo en estudio, en el cual se dio una breve descripción de los métodos por los cuales se pueden realizar, para esta investigación se utilizó el método manual y se presentó una tabla en la cual aparecía el número de vehículos, hora y día en la cual pasaban, también se organizaron de acuerdo al tipo de vehículo conforme a la norma de la SCT.

También se planteó el objetivo de analizar los beneficios de que dicho pavimento se lleve a cabo y se mostraron mediante fotos las condiciones y necesidades que tiene la calle Efrén Capiz. Entre los beneficios se encuentra el mejorar mediante dicho pavimento el paso de los vehículos y de las personas aledañas al lugar debido a las condiciones en las que se encuentra y mejoraría la seguridad con la que transitan las personas.

Se cumplió con el objetivo de definir el concepto de pavimento rígido, en el cual la superficie de rodamiento está conformada por losas de concreto hidráulico que distribuyen las cargas de los vehículos, hacia capas inferiores, por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas. Este tipo de pavimento no permite deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Aunque en teoría las

losas de concreto hidráulico pudieran colocarse directamente sobre la subrasante, es necesario la construcción de una capa de subbase para evitar que los finos suban hacia la superficie de rodamiento al momento de que pasen los vehículos, lo cual provocaría fallas de esquina o de orilla en la losa.

Se le dio respuesta al objetivo de determinar la resistencia del pavimento idóneo la cual fue de $f'c = 300 \text{ Kg /cm}^2$ y se utilizó para llevar a cabo el diseño de pavimento rígido y se obtuvo mediante la siguiente formula:

$$MR = 0.12 f'c$$

$$F'c = MR / 0.12$$

Calculando:

$$MR (\text{propuesto}) = 36 \text{ Kg /cm}^2,$$

$$F'c = 36 \text{ Kg /cm}^2, / 0.12$$

$$F'c = 300 \text{ Kg /cm}^2$$

Y, por último, se cumplió con el objetivo de realizar un levantamiento topográfico y con esto se mostró como se encuentra la calle Efrén Capiz y se sacaron 2 perfiles de elevaciones debido a que una sección de la misma ya se encuentra pavimentada, 1 perfil se muestra como “puente” en la cual se muestra una gráfica indicando cada elevación a cada 40 m. De igual manera en el segundo perfil llamado “viaducto” se muestra la gráfica la cual muestra cada elevación a cada 40 m.

BIBLIOGRAFÍA

Arnal Simón, Luis y Betancourt Suárez, Max (2005).

Reglamento de Construcciones Para el Distrito Federal.

Ed. Trillas, México.

Bannister, Alfonso y Colaboradores (2002).

Técnicas Modernas en Topografía.

Ed. Alfa Omega.

Cemex Concretos (2003).

Manual del Constructor.

Ed. Cemex.

Crespo Villalaz, Carlos (1996).

Vías de Comunicación: Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos.

Ed. Limusa, México.

Hernández Sampieri, Roberto y Colaboradores (2003).

Metodología de la Investigación.

Ed. McGraw Hill, México.

Juárez Badillo, Eulalio y Rico Rodríguez, Alfonso (2004).

Mecánica de Suelos (Tomo 2).

Ed. Limusa, México.

Moliner Moliner, Ángel y Sánchez Arellano, Ignacio (1998).

Transporte Público.

Ed. ICA, México.

Mier Suárez, José Alfonso (1987).

Introducción a la Ingeniería de Caminos.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

Olivera Bustamante, Fernando (2006).

Estructuración de Vías Terrestres.

Ed. CECSA, México.

Rico Rodríguez, Alfonso y Del Castillo, Hermilo (1994).

La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas.

Ed. Limusa, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1986).

Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1991).

Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.

Tamayo y Tamayo, Mario (2000).

El Proceso de la Investigación Científica.

Ed. Limusa, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

www.inegi.com.mx

www.wikipedia.com

www.googlemaps.com.mx

ANEXOS

