



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO PARA LA COLONIA “LAS PALOMAS”, EN URUAPAN, MICHOACÁN.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil.

Presenta:

Damián Barriga Contreras

Asesor:

Ing. José Antonio Sánchez Corza

Uruapan, Michoacán, a 4 de octubre de 2018.



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.

ÍNDICE

Introducción

Antecedentes	1
Planteamiento del problema	3
Objetivo general	3
Pregunta de investigación.. . . .	4
Justificación.	4
Marco de Referencia	5

Capítulo 1.- Urbanización.

1.1 Definición de urbanización.	6
1.2 Historia de Urbanización.	7
1.3 Clasificación de zonas.	8
1.3.1 Zonas urbanas.	8
1.3.2 Zonas rurales.	8
1.4 Definición de topografía.	9

1.4.1 Levantamientos topográficos.	9
1.4.2 Levantamientos Geodésicos.	10
1.4.2.1 Definición de Geodesia.	11
1.4.2.2 Historia de los sistemas de proyección.	11
1.4.2.3 Elementos que componen los sistemas de proyección.	13
1.4.3 Métodos topográficos.	14
1.4.3.1 Métodos planimétricos.	15
1.4.3.2 Métodos altimétricos.	17
1.5 Concepto de vialidades.	19
1.5.1 Antecedentes de las vialidades.	19
1.5.2 Clasificación de vialidades.	20
1.5.2.1 Vialidades primarias.	20
1.5.2.2 Vialidades secundarias.	21
1.6 Importancia de la mecánica de suelos.	21
1.6.1 Definición de suelo.	22
1.6.2 Agentes generadores de suelo.	23
1.6.3 Fases del suelo.	24

1.6.4 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	27
1.6.5 Pruebas de Laboratorio	31
1.6.5.1 Muestreo	31

Capítulo 2.- Pavimento.

2.1 Concepto de pavimento	33
2.2 Tipos de pavimento	34
2.2.1 Capas que conforman los pavimentos flexibles	34
2.2.2 Capas que conforman los pavimentos rígidos	36
2.3 Asfalto	38
2.3.1 Asfaltos líquidos	39
2.3.2 Pruebas de control	42
2.3.3 Carpetas asfálticas	42
2.4 Juntas	43
2.4.1 Juntas transversales	45
2.4.2 Juntas longitudinales	46
2.5 Materiales utilizados para una carpeta asfáltica	47

2.6 Fallas en pavimentos flexibles	49
2.7 Fallas en pavimentos rígidos	56
2.8 Conservación y costo	57

Capítulo 3.- Resumen de macro y micro localización.

3.1 Generalidades	58
3.1.1 Objetivo	59
3.1.2 Alcance de proyecto	59
3.2 Resumen ejecutivo	59
3.3 Entorno geográfico	60
3.3.1 Macro y micro localización	61
3.3.2 Geología regional y de la zona en estudio	63
3.3.3 Hidrología regional y de la zona en estudio	63
3.3.4 Uso de suelo regional y de la zona en estudio	64
3.4 Informe fotográfico	65
3.4.1 Problemática	70
3.4.2 Estado físico actual	71

3.5 Alternativas de solución	72
3.5.1 Planteamiento de alternativas	72
3.6 Proceso de análisis	73

Capítulo 4.- Metodología.

4.1 Método empleado	74
4.1.1 Método científico	74
4.1.2 Método matemático	77
4.2 Enfoque de investigación	77
4.3 Alcance de investigación	78
4.4 Diseño de la investigación	79
4.5 Instrumentos de recopilación de datos	79
4.6 Descripción del procedimiento de investigación	80

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

5.1 Aforo vehicular	82
5.2 Estudio del Valor Relativo de Soporte (VRS)	87

5.3 Zonificación y clasificación de vialidades	90
5.4 Aplicación del método de la PCA (Portland Cement Association)	94
Conclusión	107
Bibliografía	110

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

En los comienzos de la era primitiva, los hombres se desplazaban a pie y descalzos por largas distancias. Las cargas que llevaban consigo eran transportadas en ancas o grupas, lo que hacía que su traslado de un lugar a otro fuera lento y arriesgado. Desde la existencia del hombre se ha tenido la necesidad de comunicarse, por lo cual el hombre fue desarrollando diversos métodos para la construcción de caminos, con el aumento de tamaño y densidad de las poblaciones.

Para el desarrollo económico de un país es fundamental la inversión en la infraestructura lo cual hace referencia a las vías terrestres principalmente. Para ello se han requerido cambios que implican la administración y la construcción de las mismas.

Se dice que “las vías terrestres así definidas se construyen fundamentalmente de tierra y sobre tierra” (Rico y Del Castillo; 2005: 17), argumentando esto, existen diversos factores que influyen sobre una estructura de esta naturaleza, desde el tipo de terreno con que se cuenta, hasta la cantidad de agua contenida y su modo de fluir.

Tomando lo dicho por Rico y Del Castillo (2005) la construcción de las vías terrestres implica entonces el uso de los suelos, pero un uso selectivo, juicioso, y en lo posible, “científico”.

A medida que la industria automotriz tiene un desarrollo, se tiene la necesidad de diseñar y construir vías de comunicación de mejor calidad y mejores características geométricas.

Se dice que “un pavimento es la capa o conjunto de capas de materiales apropiados comprendidos entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento” (Rico y Del Castillo; 2005: 99). Con base a esto los pavimentos pueden estar conformados por una o varias capas de materiales, con diferentes propiedades, las cuales varían de menor a mayor conforme se acercan a la capa de rodamiento.

De tal manera que se pueden considerar dos tipos de pavimentos, los rígidos y los flexibles, para poder definir y distinguir de qué tipo de pavimento se trata se deberán tener en cuenta los materiales que lo conforman y como distribuyen los esfuerzos.

Acerca de lo que es el diseño de pavimentos, en la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C., se encuentran la tesis “Propuesta de metodología para supervisión de pavimentos rígidos”, por Omar Amezcua Sánchez, 2008, obteniendo como conclusión la formulación de la presente metodología para la supervisión de pavimentos rígidos, la cual servirá para identificar los aspectos a revisar, corregir y conservar, con la finalidad de aumentar o mantener la vida útil del diseño; También existe la investigación “Diseño de la estructura de pavimento rígido para el boulevard industrial del km 9+800 al 10+900 de la ciudad de Uruapan Michoacán”, por Cristian Pérez Sepúlveda, 2011, llegando a la conclusión de un diseño de pavimento, ya sea flexible o rígido, se realiza con la finalidad de obtener las capas de la estructura que

conforman al pavimento teniendo los espesores indicados para recibir las cargas de tránsito, así como para determinar las características que deben poseer los materiales utilizados.

Planteamiento del problema.

Una vía de comunicación mal construida provoca que ésta tenga deficiencia en su vida útil, esto afecta significativamente al desarrollo económico. Por ello es necesario contar con un pavimento el cual tenga una garantía de durabilidad para no afectar los sectores de producción o la vialidad de la población.

Para poder contar con un pavimento de buena calidad o que tenga un grado de durabilidad razonable es necesario realizar estudios y diseños para cumplir con las normas y condiciones adecuadas. Esto para que el buen funcionamiento del mismo beneficie a la población.

Por esta razón es necesario saber ¿Cuál es el diseño adecuado de pavimento de concreto hidráulico para la colonia “Las Palomas”, en Uruapan Michoacán? Y con esto seleccionar el adecuado pavimento a utilizar y así realizar el diseño de dicho pavimento.

Objetivo general.

Diseñar la estructura de pavimento rígido para las vialidades de la colonia “Las Palomas” la cual se encuentra situada al oriente de la ciudad de Uruapan, Michoacán.

Objetivos particulares:

- 1) Establecer la definición de pavimentos.
- 2) Determinar cuáles son los tipos de pavimentos y sus conformaciones.
- 3) Elegir la mejor opción de pavimento para este caso.
- 4) Diseñar la estructura del pavimento adecuado para el dicho estudio.

Pregunta de investigación.

¿Cuál es el diseño adecuado de pavimento de concreto hidráulico para la colonia “Las palomas”, en Uruapan Michoacán?

Justificación.

Por medio de esta investigación se diseñará la estructura de un pavimento rígido, para las calles de Uruapan, Michoacán, ya que es de suma importancia para los ciudadanos de esta localidad, con esta investigación se beneficiará a la población de Uruapan , al igual que estudiantes que busquen información sobre esta área.

En un futuro, los usuarios se verán beneficiados con el uso continuo de la vialidad, así mismo será referencia para los proyectos colindantes, tanto en el ámbito privado como público.

Marco de Referencia.

La colonia Las Palomas se encuentra ubicada al oriente de la ciudad de Uruapan, Michoacán, colinda con las colonias Tejerías y San Francisco por donde se encuentra la única vía de acceso a esta colonia.

La colonia en la actualidad no cuenta con servicios públicos, y la actividad económica de la colonia es mixta, mayormente agricultores y jornaleros, haciendo que la economía de la colonia no impulse el desarrollo, lo que motiva a formar comités para pedir el apoyo del H. Ayuntamiento para que brinden los servicios correspondientes.

CAPÍTULO 1

URBANIZACIÓN

En el presente capítulo se define el concepto de urbanización, así como también los criterios topográficos, la mecánica de suelos y la normatividad que se necesitan para un correcto diseño aplicable para la urbanización.

1.1 Definición de urbanización.

De acuerdo con la página electrónica es.wikipedia.org (2016), la urbanización es un conjunto de viviendas situadas generalmente en un antiguo medio rural junto a otras poblaciones. Por lo general corresponden a lo que en México se denominan “colonias”. En otras partes del mundo el término se aplica a las zonas de las ciudades con urbanismo residencial planificado, caracterizado por viviendas y edificios muy bien diseñados y construidos, generalmente con estructuras similares, con todos los servicios básicos, donde se asienta la población de clase media a alta, contrastando con un barrio o comunidad.

Tomando como base lo anterior, “urbanizar” es acondicionar una porción de terreno y prepararlo para su uso urbano, abriendo calles y dotándolas de luz, pavimento y demás servicios. A su vez la palabra Urbanizar proviene de la palabra urbe que es el nombre que se le da a los espacios poblados que tienen una alta población viviendo sobre su territorio, en estos lo fundamental es que existan industrias y un alto nivel de empresas que generan un ingreso a las personas que habitan en ellos.

1.2 Historia de Urbanización.

Refiere la página www.ciceana.org (2016), que las ciudades se han construido de acuerdo a las circunstancias históricas que vivía la población, como las necesidades o acontecimientos, como un ejemplo surgieron las fortalezas en la era medieval que servían para protegerse de los ataques de los adversarios, este tipo de construcciones tuvieron un gran auge hasta el siglo XVIII.

Después pasaron a ser construcciones de mayor estética debido a la época monárquica, por consiguiente el cambio fue drástico años después con la llegada de la revolución industrial la cual vino a cambiar el modo de pensar de las personas para beneficio propio y tomaron la industria como una nueva forma de vida.

En la actualidad es importante conocer los cambios que ha tenido las urbes para así tener en cuenta las necesidades de la población y poder solucionar los problemas, hoy en día la urbanización o construcción de una zona urbana es regida por normas , códigos y leyes que deben ser seguidas para brindarle a los habitantes bienestar y seguridad.



Imagen 1.1. Conjunto habitacional.

Fuente: <http://wiki.ead> (2001).

1.3 Clasificación de zonas.

De acuerdo a la sección III del Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán (2015), se deben realizar actividades de planeación, investigación, académicas, evaluación, gestión y proyectos en materia de ordenamiento territorial, desarrollo urbano y vivienda, esto para tratar de equilibrar el medio, teniendo en cuenta los usos y necesidades de la población incluyendo el uso de suelo. Teniendo esto en cuenta se pueden clasificar en:

1.3.1 Zonas urbanas.

Los rasgos característicos del espacio urbano son su mayor población, su alta densidad de población, su extensión y su mayor dotación de todo tipo de infraestructuras; pero sobre todo la particularidad de las funciones urbanas, especialmente las económicas, concentrándose la actividad y el empleo en los sectores secundario y terciario, siendo insignificante el primario.

1.3.2 Zonas rurales.

Retomando lo dicho en el Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán (2015), el espacio rural es el territorio de una región o de una localidad cuyos usos económicos son las actividades agropecuarias, agroindustriales, extractivas, de silvicultura y de conservación ambiental. Dependiendo de cada legislación, hay figuras jurídicas que lo protegen o delimitan (como área no urbanizada o no urbanizable, diferenciada de las áreas urbanas o de expansión urbana), especialmente para la limitación del crecimiento urbano.

1.4 Definición de topografía.

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio. El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se llama comúnmente en México “levantamiento”. La mayor parte de los levantamientos tienen por objeto el cálculo de superficies y volúmenes, y la representación de las medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos, por lo cual estos trabajos también se consideran dentro de la topografía (Montes de Oca; 1989: 1), los levantamientos se clasifican de la siguiente manera.

1.4.1 Levantamientos topográficos.

Son aquellos que por abarcar superficies reducidas pueden hacerse despreciando la curvatura de la tierra, sin error apreciable. Dentro de los levantamientos topográficos se encuentran los siguientes.

1) Levantamiento de Terrenos en general.- Tienen por objeto marcar linderos o localizarlos, medir y dividir superficies, ubicar terrenos en planos generales ligando, con levantamientos anteriores, o proyectar obras y construcciones.

2) Topografía de Vías de Comunicación.- Es la que sirve para estudiar y construir caminos, ferrocarriles, canales, líneas de transmisión, acueductos, etc.

3) Topografía de Minas.- Tiene por objeto fijar y controlar la posición de trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras superficiales.

4) Levantamientos Catastrales.- Son los que se hacen en ciudades, zonas urbanas y municipios, para fijar linderos o estudiar las obras urbanas.

5) Levantamientos Aéreos.- Son los que se hacen por medio de la fotografía, generalmente desde aviones, y se usan como auxiliares muy valiosos de todas las otras clases de levantamientos.

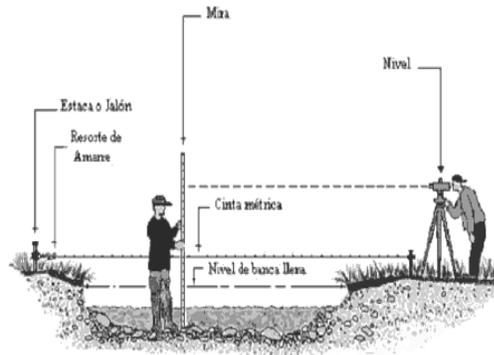


Imagen 1.2. Levantamientos topográficos.

Fuente: www.ingenierocivilinfo.com (2008).

1.4.2 Levantamientos Geodésicos.

Son levantamientos en grandes extensiones que hacen necesario considerar la curvatura de la Tierra.

Partiendo de lo dicho por Montes de Oca (1989), los levantamientos topográficos son los más comunes ya que los levantamientos geodésicos son motivo de estudio al cual se dedica la Geodesia.

1.4.2.1 Definición de Geodesia.

Según Coppel (2001), “La Geodesia es la ciencia que estudia la forma y tamaño de la Tierra y las posiciones sobre la misma”. Por lo tanto, la topografía necesita apoyarse en la geodesia para su fin. Ya que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de una parte de la superficie terrestre, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales.

1.4.2.2 Historia de los sistemas de proyección.

De acuerdo con Robinson (1987), a lo largo de la historia, el hombre ha sentido la necesidad de representar la superficie terrestre y los objetos situados sobre ella. El objetivo de los primeros mapas era servir de apoyo a la navegación, indicaban por tanto los rumbos (direcciones) que era necesario seguir para ir de un puerto a otro, eran los portulanos.



Imagen1.3. Portulano.

Fuente: Robinson; 1987: 8.

La exactitud en la representación de las tierras emergidas se consideraba accesoria, siendo lo fundamental la exactitud en rumbos y distancias entre puertos. Las cartas náuticas actuales mantienen un esquema similar aunque la generalización de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) ha revolucionado los sistemas de navegación.

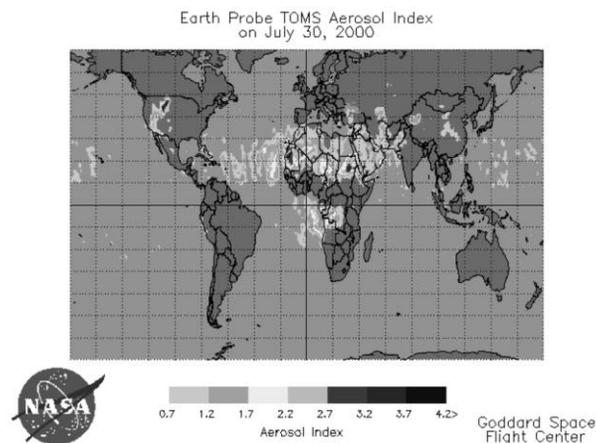


Imagen 1.4. Esfera terrestre y proyección.

Fuente es.wikipedia.org.

En los inicios del período colonial ya no bastaba con poder llegar a puerto, sino que había que medir distancias y superficies sobre los nuevos territorios para conseguir un mejor dominio de estos. Por otro lado, se hace necesario representar los diversos elementos, recursos y factores ambientales de la superficie terrestre para conseguir una mejor visión de la distribución de los fenómenos naturales y asentamientos humanos sobre la superficie terrestre.

Ya en el siglo XVII, cartógrafos como Mercator demostraron que un sistema de proyección geométrico, junto con un sistema de localización basado en coordenadas

cartesianas, es decir basadas en un par de ejes orto normales (X e Y), formando una cuadrícula, mejoraba la fiabilidad de distancias, áreas o ángulos medidos sobre los mapas.

1.4.2.3 Elementos que componen los sistemas de proyección.

Retomando lo dicho por Robinson (1987), a cada entidad espacial se pueden asociar diversas variables (binomiales, cualitativas, ordinales o cuantitativas). Por ejemplo, a una carretera se puede asociar su anchura, categoría o flujo de vehículos, a un municipio población, renta, etc. a un pozo la cantidad de agua extraída al año, el nivel del agua o su composición. Normalmente al representar una entidad se representará también alguna de las variables asociadas a ella, son las siguientes:

a) Isolíneas: Son líneas que unen puntos con igual valor, sirven por tanto para cartografiar variables cuantitativas. Un buen ejemplo son las curvas de nivel del mapa topográfico.

b) Coropletas: Áreas con valor comprendido entre dos umbrales y pintadas con un color homogéneo. Permiten representar variables cuantitativas de un modo más simplificado.

c) Símbolos: para indicar la presencia de entidades de un modo puntual. Pueden representarse utilizando diferentes símbolos o colores para representar una variable cualitativa (por ejemplo el partido gobernante), o diferentes tamaños para representar variables cuantitativas (por ejemplo el número de habitantes).

d) Líneas: que simbolizan entidades, naturales o artificiales, de forma lineal (carreteras, ríos). Pueden utilizarse diferentes anchuras de línea, diferentes colores o diferentes tipos de línea para representar propiedades como la anchura de los ríos o categorías de vías de comunicación.

e) Polígonos: Representan objetos poligonales que, por su tamaño, pueden ser representados como tales (siempre dependiendo de la escala del mapa) o porciones homogéneas del terreno en relación a una variable cualitativa (tipo de roca). Pueden utilizarse diferentes colores o tramas para representar variables cualitativas o cuantitativas, por ejemplo en un mapa de municipios se puede representar la población municipal mediante sombreados.

1.4.3 Métodos topográficos.

Tomando como base lo dicho por Montes de Oca (1989), la finalidad de todo trabajo topográfico es la observación en campo de una serie de puntos que permita la obtención de sus coordenadas para:

- a) Hacer una representación gráfica de una zona.
- b) Conocer su geometría.
- c) Conocer su altimetría.
- d) Calcular la superficie.

En todos los trabajos se busca una precisión determinada. Para la elaboración de un plano, la precisión planimétrica y la elección de los elementos del terreno la

marca la escala de la representación y el límite de percepción visual de 0,2 mm. Para la altimétrica, los puntos levantados están condicionados por la equidistancia de las curvas de nivel.

Para llegar a obtener las coordenadas de un punto, es necesario apoyarse en otros previamente conocidos.

Los métodos topográficos son diversos sistemas de proceder para en función de los trabajos de campo, tener una toma de datos correctos. Si sólo se hace planimetría se necesitan x,y; altimetría z; taquimetría x,y,z.

1.4.3.1 Métodos planimétricos.

Partiendo de lo dicho por Montes de Oca (1989: 17), los métodos planimétricos “Tienen por objeto estudiar las normas y procedimientos para efectuar la planimetría de un terreno”, estos se basan en la medida de ángulos (acimutales) y distancias en horizontal.

En planimetría los métodos son:

a. Radiación: permite relacionar todos los puntos del terreno con un punto de coordenadas conocidas.

b. Poligonal o itinerario: Permite relacionar puntos de estación o itinerario.

c. Triangulación: Permite relacionar puntos a mayores distancias.

d. Redes: Primero se hace una red de triángulos no muy grandes donde se tienen una serie de vértices (red de triangulación o trigonométrica), después se hace

una segunda red que marcaría la poligonal (red topográfica o de poligonación) y finalmente una tercera red que sirve para tomar los datos (red de relleno). Así se consiguen los errores mínimos y se aproximan las coordenadas a la forma de trabajo haciendo una triangulación con menor número de errores y con las menos estaciones posibles.

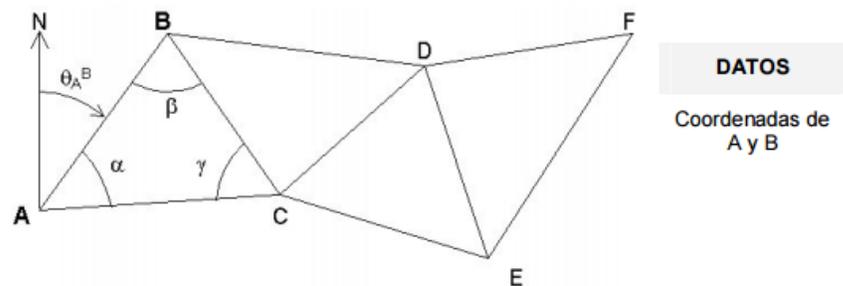


Figura 1.1 Método de triangulación.

Fuente: www.ocw.upm.es.

Si se quiere levantar un plano de una amplia zona con la red trigonométrica, se fijan unos puntos y se calculan sus coordenadas en forma de triángulos.

Se miden todos los ángulos de los triángulos y con un lado se tendrán todos los datos, es decir con métodos angulares y una medida se podrá dar valores xy a todos los demás triángulos.

Los triángulos tienen lados grandes ya que sirven para cubrir la mayor parte del terreno. El problema es que habrá mayor error cuanto mayor sea el número de triángulos.

La red topográfica se observa con los métodos de poligonal. Una vez conocidas las coordenadas de los vértices de los triángulos se formarán polígonos en la zona teniendo los puntos con sus coordenadas xy.

1.4.3.2 Métodos altimétricos.

Retomando lo dicho por Montes de Oca (1989) la altimetría tiene por objeto estudiar cotas, altitudes y desniveles. En altimetría los métodos son:

a) Nivelación barométrica: Son los menos precisos pero los métodos más rápidos.

b) Nivelación trigonométrica: Permite ver la diferencia de altitud en función de medidas angulares.

c) Nivelación geométrica: Permite ver la diferencia de altitud en función de visuales horizontales.

La clasificación de los métodos topográficos en función del instrumental empleado, es la siguiente:

a) Métodos basados en medidas angulares:

-Triangulación.

- Intersecciones (directa e inversa).

b) Métodos basados en la medida de ángulos y distancias.

- Poligonal o itinerario.

- Radiación.

- Redes: de triangulación o trigonométricas, topográficas o de poligonación, y de relleno.

Así mismo, también los métodos de medida de desniveles:

a) Nivelación barométrica.

b) Nivelación trigonométrica.

c) Nivelación geométrica.

De acuerdo con lo dicho por Montes de Oca (1989), la altimetría tiene por objeto el estudio de las normas y procedimientos que sirvan para representar el relieve de un terreno. En la práctica el problema altimétrico consiste en determinar el desnivel entre dos puntos.

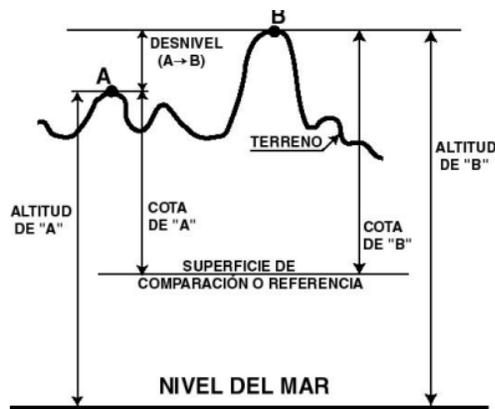


Figura 1.2. Altimetría.

Fuente: ocw.upm.es.

1.5 Concepto de vialidades.

“El artículo 7° del Reglamento de Construcción del Distrito Federal menciona 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 este fin”. (Betancourt; 2016:21).

Como refiere la definición anterior, una vía pública es cualquier espacio de dominio común por donde transitan los peatones o circulan los vehículos.

1.5.1 Antecedentes de las vialidades.

Según lo establecido en el “Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras” (1986), durante los últimos 30 años, el acelerado desarrollo del sistema vial de nuestro país y el uso creciente del autotransporte se han traducido en un constante incremento de los viajes por carretera, al grado de que los usuarios de los caminos han venido a depender cada día más de la existencia de dispositivos de control del tránsito para su protección e información. Tan grande es esta dependencia, que es ya indispensable el uso de dispositivos uniformes para obtener el máximo rendimiento de cualquier camino, ya sea de altas especificaciones como las modernas autopistas, o de especificaciones modestas, como los caminos vecinales. Esta necesidad de dispositivos uniformes es sensible tanto en esfera nacional como internacional, sobre todo entre los países de nuestro continente.

En general, y retomando lo dicho anteriormente puede decirse que se hizo una amalgama con lo mejor de los elementos ya citados, lográndose un sistema que no difiere mucho de lo que ya estamos acostumbrados a utilizar, pero que sí constituye un paso hacia adelante en la simplificación y efectividad de las señales de tránsito tanto para zona urbana como rural.

1.5.2 Clasificación de vialidades.

Considerando lo dicho en el Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán de Ocampo (2015) la vía pública en lo referente a la vialidad se integra de un conjunto de elementos cuya función es permitir el tránsito de vehículos, ciclistas y peatones, así como facilitar la comunicación entre las diferentes áreas o zonas de actividad. Existen distintos tipos de vialidades urbanas y a estas se les clasifica en vialidades primarias y vialidades secundarias.

1.5.2.1 Vialidades primarias.

Se le llama vialidad primaria, al espacio físico cuya función es facilitar el flujo del tránsito vehicular continuo o controlado por semáforo, entre distintas zonas de la ciudad, con la posibilidad de reserva para carriles exclusivos, destinados a la operación de vehículos de emergencia, “Son aquellas destinadas a conducir el tránsito de las calles locales hacia otras zonas del desarrollo o del centro de la población”. (Código de desarrollo urbano del Estado de Michoacán de Ocampo, 2015).

Las intersecciones en estas vialidades generalmente son a desnivel; las entradas y salidas están situadas en puntos específicos (accesos controlados), cuentan con carriles de aceleración y desaceleración; en algunos casos, cuentan con calles laterales de servicio a ambos lados de los arroyos centrales separados por camellones, flujo vehicular continuo.

1.5.2.2 Vialidades secundarias.

Al hablar de vialidades secundarias, se entiende que “son aquellas destinadas a dar acceso a los lotes, viviendas, departamentos, locales o unidades de un desarrollo” (Código de desarrollo urbano del Estado de Michoacán de Ocampo, 2015).

Son las vialidades que liga el subsistema vial primario con las calles locales; tiene características geométricas más reducidas que las arterias, pueden tener un tránsito intenso de corto recorrido, movimientos de vueltas, estacionamiento, ascenso y descenso de pasaje, carga y descarga y acceso a las propiedades colindantes.

1.6 Importancia de la mecánica de suelos.

El estudio de la mecánica de suelos es de gran importancia ya que sirven para estudiar y obtener datos confiables sobre las condiciones del suelo para la realización de obras civiles.

También estudia el comportamiento del suelo para usar como material de construcción, además tiene gran importancia porque todas las obras civiles se

construyen sobre un suelo. Y si no se toma en cuenta puede haber deformaciones, fisuras, grietas o hasta el colapso de la obra.

La mecánica de suelos define los materiales y procedimientos que vas a utilizar para la obra y el tipo de suelo encontrado.

En general se tiene que tomar en cuenta para puentes, carreteras, edificaciones, obras hidráulicas, vías férreas, túneles, canales, puertos y todo tipo de obra civil, porque gracias a esta se define el tipo de cimentación que se va a utilizar.

1.6.1 Definición de suelo.

Según lo dicho por Badillo y Rico (2005), "suelo" es un término del que hace uso diferentes profesantes. La interpretación varía de acuerdo con sus respectivos intereses. Para el Agrónomo, por ejemplo, la palabra se aplica a la parte superficial de la corteza capaz de sustentar vida vegetal, siendo esta interpretación demasiado restringida para el Ingeniero. Para el Geólogo es todo material intemperizado en el lugar en que ahora se encuentra y con contenido de materia orgánica cerca de la superficie; esta definición peca de parcial en Ingeniería, al no tomar en cuenta los materiales transportados no intemperizados posteriormente a su transporte. "Para los fines de esta obra, la palabra Suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves" (Badillo y Rico; 2005:34).

Quedan excluidas de la definición las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados, que no se ablanden o

desintegren rápidamente por acción de la intemperie. El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo.

1.6.2 Agentes generadores de suelo.

La corteza terrestre es atacada principalmente por el aire y las aguas, siendo los medios de acción de estas sustancias sumamente variados. Sin embargo, en último análisis, todos los mecanismos de ataque pueden incluirse en dos grupos:

- a) desintegración mecánica
- b) descomposición química.

El término desintegración mecánica se refiere a la intemperización de las rocas por agentes físicos, tales como cambios periódicos de temperatura, acción de la congelación del agua en las juntas y grietas de las rocas, efectos de organismos, plantas, etc. Por estos fenómenos las rocas llegan a formar arenas o, cuando mucho, limos y sólo en casos especiales arcillas. Por descomposición química se entiende la acción de agentes que atacan las rocas modificando su constitución mineralógica o química.

El principal agente es, desde luego, el agua y los mecanismos de ataque más importantes son la oxidación, la hidratación y la carbonatación. Los efectos químicos de la vegetación juegan un papel no despreciable. Estos mecanismos generalmente producen arcilla como último producto de descomposición. Todos los efectos anteriores suelen acentuarse con los cambios de temperatura, por lo cual es

frecuente encontrar formaciones arcillosas de importancia en zonas húmedas y cálidas, mientras que son típicas de zonas más frías formaciones arenosas o limosas, más gruesas. En los desiertos cálidos, la falta de agua hace que los fenómenos de descomposición no se desarrollen, por lo cual la arena predomina en esas zonas, allí los efectos de ciclos de tensiones y compresiones sobre las rocas, producidas por elevaciones y descensos periódicos y continuados de temperatura, son los mecanismos de ataque determinantes. No debe creerse, sin embargo, que las reglas anteriores sean inmutables, la naturaleza suele actuar con una complejidad que desafía cualquier regulación. Por ejemplo, en países fríos o secos pueden existir formaciones arcillosas de importancia, cuando el aporte de corrientes de agua quede en condiciones favorables para constituir un depósito. El resultado de ese concurso de causas, es una inmensa diversidad de tipos de suelo resultantes. También debe notarse que su formación ha ocurrido a través de las eras geológicas, tal como sigue ocurriendo hoy.

1.6.3 Fases del suelo.

En un suelo se distinguen tres fases constituyentes: la sólida, la líquida y la gaseosa. La fase sólida está formada por las partículas minerales del suelo (incluyendo la capa sólida adsorbida), la líquida por el agua (libre, específicamente), aunque en los suelos pueden existir otros líquidos de menor significación, la fase gaseosa comprende sobre todo el aire, si bien pueden estar presentes otros gases (vapores sulfurosos, anhídrido carbónico, etc.). La capa viscosa del agua adsorbida que presenta propiedades intermedias entre la fase sólida y la líquida, suele incluirse en esta última, pues es susceptible de desaparecer cuando el suelo es sometido a

una fuerte evaporación (secado). Las fases líquida y gaseosa del suelo suelen comprenderse en el volumen de vacíos, mientras que la fase sólida constituye el volumen de los sólidos. Se dice que un suelo es totalmente saturado cuando todos sus vacíos están ocupados por agua. Un suelo en tal circunstancia consta, como caso particular, de sólo dos fases, la sólida y la líquida. Muchos suelos yacientes bajo el nivel freático son totalmente saturados. Algunos suelos contienen, además, materia orgánica en diversas formas y cantidades, en las turbas, estas materias predominan y consisten en residuos vegetales parcialmente descompuestos. Aunque el contenido de materia orgánica y las capas adsorbidas son muy importantes desde el punto de vista de las propiedades mecánicas del suelo, no es preciso considerarlos en la medición de pesos y volúmenes relativos de las tres fases principales, su influencia se toma en cuenta más fácilmente en etapas posteriores del estudio de ciertas propiedades de los suelos.

En los laboratorios de Mecánica de Suelos puede determinarse fácilmente el peso de las muestras húmedas, el peso de las muestras secadas al horno y el peso específico relativo de los suelos. Estas magnitudes no son, las únicas cuyo cálculo es necesario; es preciso obtener relaciones sencillas y prácticas, a fin de poder medir algunas otras magnitudes en términos de éstas. Estas relaciones, de tipo volumétrico y gravimétrico, son de la mayor importancia para la aplicación sencilla y rápida de la teoría y su dominio debe considerarse indispensable.

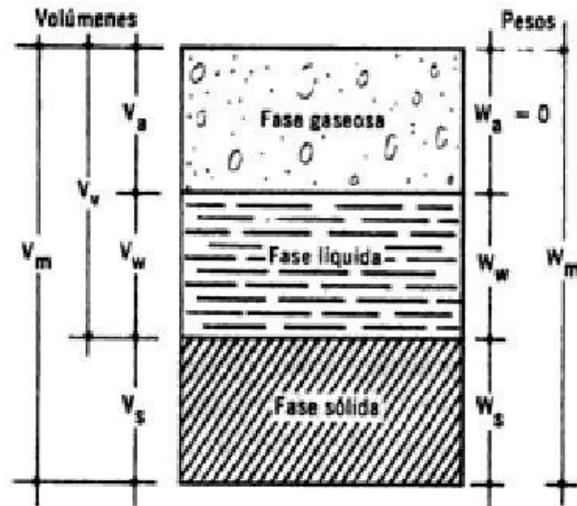


Figura 1.3 Esquema de una muestra de suelo para indicación de símbolos usados.

Fuente: Badillo y Rico; 2005:52.

Donde:

V_m = Volumen total de la muestra de suelo (volumen de la masa).

V_s = Volumen de la fase sólida de la muestra (volumen de sólidos).

V_v = Volumen de los vacíos de la muestra de suelo (volumen de vacíos).

V_w = Volumen de la fase líquida contenida en la muestra (volumen de agua).

V_a = Volumen de la fase gaseosa de la muestra (volumen de aire).

W_m = Peso total de la muestra del suelo (peso de la masa).

W_s = Peso de la fase sólida de la muestra de suelo (peso de los sólidos).

W_w = Peso de la fase líquida de la muestra (peso del agua).

W_a = Peso de la fase gaseosa de la muestra, convencionalmente considerado como nulo en Mecánica de Suelos.

En el esquema anterior muestra de manera más concreta la relación que existe entre las fases que conforman los suelos y con ello establecer las relaciones fundamentales que son las siguientes:

a) Relación de vacíos: Se denomina e a la relación entre el volumen de los vacíos y el de los sólidos de un suelo.

b) Porosidad: Esta relación también es la que existe entre el volumen de vacíos y el volumen de la masa, pero esta, esta expresada generalmente en porcentaje.

c) Grado de saturación: Es la relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos y suele expresarse también como un porcentaje.

d) Contenido de agua o humedad: Es la relación entre el peso de agua contenida y el peso de su fase sólida.

1.6.4 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)) es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. Para

clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otros. También se le denomina clasificación modificada de Casagrande.

Este sistema fue propuesto por Arturo Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en el año 1942 para aeropuertos.

Esta clasificación divide los suelos en:

- a) Suelos de grano grueso.
- b) Suelos de grano fino.
- c) Suelos orgánicos.

Los suelos de granos grueso y fino se distinguen mediante el tamaño del material por la malla No. 200.

Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicha malla y los finos a los que la pasan, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en la malla No. 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicha malla.

Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres en inglés de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos y se separan con la malla No. 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de

grava si más del 50% retiene la malla No. 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario.

Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido. Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (low compresibility). Si es mayor de 50 se añade la letra H (high compresibility).

Símbolo	Definición
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Suelo Orgánico

Tabla 1.1 Símbolo y definición de los suelos.

Fuente: Propia.

Tipo	Sub-Tipos	Identificación	Símbolo de Grupo		
Suelos (partículas menores de 7,5 cm)	SUELOS GRUESOS Más de la mitad del material se retiene en la malla N°200 (0,075 mm)	GRAVA Más de la mitad de la fracción gruesa se retiene en la malla N°4	GRAVA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas) Grava bien graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (C _u) mayor de 4 y un coeficiente de curvatura (C _c) entre 1 y 3 ^{1/2}	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	GW
			GRAVA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas) Grava mal graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para GW.	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	GP
			GRAVA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas) Grava limosa; mezcla de grava, arena y limo.	Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véanse abajo los grupo ML y MH)	GM
		GRAVA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas) Grava arcillosa; mezclas de grava, arena y arcilla	Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véanse abajo los grupo CL y CH)	GC	
		ARENA Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N°4	ARENA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas) Arena bien graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (C _u) mayor de 6 y un coeficiente de curvatura (C _c) entre 1 y 3 ^{1/2}	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	SW
			ARENA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas) Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para SW.	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	SP
	ARENA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas) Arena limosa; mezcla de arena, grava y limo.		Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véanse abajo los grupo ML y MH)	SM	
	SUELOS FINOS Más de la mitad del material pasa la malla N°200 (0,075 mm)	LIMO Y ARCILLA Límite líquido	Menor de 50% Limo de baja compresibilidad; mezcla de limo de baja plasticidad, arena y grava; polvo de roca. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	ML	
			Menor de 50% Arcilla de baja compresibilidad; mezcla de arcilla de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona II de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	CL	
			Menor de 50% Limo orgánico de baja compresibilidad; mezcla de limo orgánico de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	OL	
	Mayor de 50%	LIMO Y ARCILLA Límite líquido	Mayor de 50% Limo de alta compresibilidad; mezcla de limo de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	MH	
			Mayor de 50% Arcilla de alta compresibilidad; mezcla de arcilla de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona IV de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	CH	
			Mayor de 50% Limo orgánico de alta compresibilidad; mezcla de limo orgánico de alta compresibilidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la Carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	OH	
	ALTAMENTE ORGÁNICOS		Turba, fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.	P _t	

Tabla 1.2. Clasificación de suelos con base al SUCS.

Fuente: Norma M-MMP-1-01/03: 2003.

1.6.5 Pruebas de Laboratorio.

Las pruebas de laboratorio consisten en la obtención de una porción del material con el que se pretende construir una estructura o bien del material que ya forma parte de la misma, de tal manera que las características de la porción obtenida sean representativas del conjunto. Dentro de las pruebas de laboratorio que existen para examinar la calidad del material, en el presente trabajo se enfocará a las relacionadas con la construcción de pavimentos y a la calidad del material contenido en el terreno donde se pretende realizar el proyecto.

1.6.5.1 Muestreo.

Partiendo de lo establecido en la Normativa de la SCT, (Norma M-MMP-1-01/03), menciona que “el muestreo es la obtención de una porción representativa del material con el que se pretende construir una terracería o bien del material que ya forma parte de la misma”. El muestreo incluye además las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras, las que se clasifican como sigue:

Muestras inalteradas: Son aquellas en las que se conserva la estructura y el contenido de agua natural del suelo en el lugar donde se toma la muestra, por lo que su obtención, envase y transporte, requieren cuidados especiales a fin de no alterarlas. Son generalmente cúbicas, de aproximadamente 40 cm por lado. Que se recubren con una membrana impermeable hecha de manta de cielo, parafina y brea para protegerlas y evitar la pérdida de agua durante el transporte y almacenamiento.

Muestras representativas o alteradas: Son aquellas que están constituidas por el material disgregado o fragmentado, en las que se toman precauciones especiales para conservar el contenido de agua, envasándolas en bolsas de plástico u otros recipientes impermeables para impedir la pérdida de agua durante el transporte y almacenamiento.

Muestras integrales: Son aquellas que están constituidas por el material disgregado o fragmentado de diversos estratos, en las que quedan representados cada uno de los diferentes materiales en la proporción en la que participan.

CAPÍTULO 2

PAVIMENTO

En este capítulo se definirá el concepto de pavimento además de sus características, los factores que intervienen en la elaboración o fabricación de pavimentos, así como su clasificación y la definición de cada uno.

2.1 Concepto de pavimento.

“El pavimento es la capa o conjunto de capas de materiales, comprendidas entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento” (Rico y Del Castillo; 2005: 99), cuyas funciones principales son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, con color y textura apropiados, resistente a la acción de tránsito entre otras.

Partiendo de lo dicho por Rico y Del Castillo (2005) el pavimento es una obra vial que facilita el tránsito de vehículos proporcionando seguridad y economía previstas en el proyecto. Las capas del pavimento pueden estar conformadas por una o varias capas de materiales naturales.

Es importante tener en cuenta que el pavimento puede revestirse con diferentes materiales.

El término, sin embargo, suele asociarse en algunos países al asfalto, el material utilizado para construir calles, rutas y otras vías de comunicación.

2.2 Tipos de pavimentos.

Según Olivera (2006), los pavimentos se clasifican en dos tipos: los flexibles y los rígidos.

Los pavimentos flexibles tienen la característica de que la superficie de rodamiento está proporcionada 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 sub base, las cuales se construyen sobre la capa subrasante. Así mismo, el otro tipo de pavimento es el 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.

2.2.1 Capas que conforman los pavimentos flexibles.

Tomando como base lo mencionado por los autores Badillo y Rico (2005), los pavimentos flexibles se componen por distintas capas las cuales cumplen una función determinada, dichas capas y su función son las siguientes:

a) Carpeta asfáltica: Es una mezcla de materiales pétreos y cementos asfálticos, elaboradas en plantas estacionarias.

b) Base: Es una capa de materiales seleccionados que se construye sobre la sub-base y ocasionalmente sobre la sub-rasante, limitada en la parte superior por la carpeta. Su función, es soportar apropiadamente las cargas transmitidas por los vehículos a través de la carpeta y distribuir los esfuerzos a la sub-base o capa sub-rasante, en tal forma que no les produzca deformaciones perjudiciales.

c) Sub base: Capa de materiales seleccionados comprendida entre la sub-rasante y la base.

Las funciones de la sub base son:

1) Transmitir los esfuerzos a la capa subrasante en forma conveniente; constituir una transición entre los materiales de la base y de la capa sub-rasante, de modo tal que evite la contaminación y la interpenetración de dichos materiales.

2) Disminuir efectos perjudiciales en el pavimento, ocasionados por cambios volumétricos y rebote elástico del material de las terracerías o del terreno de cimentación.

3) Reducir el costo del pavimento, ya que es una capa que por estar bajo la base queda sujeta a menores esfuerzos y requiere de especificaciones menos rígidas, mismas que pueden satisfacerse normalmente con un material más barato que el de la base.

d) Riego de sello: Es una capa de material pétreo, ligada a la carpeta por un producto asfáltico. Sus funciones son: impermeabilizar el pavimento, proporcionar una superficie de desgaste, proporcionar una superficie antiderrapante y proporcionar una superficie con un color tal, que refleje apropiadamente la luz de los faros de los vehículos.



Figura 2.1 Capas que forman un pavimento flexible.

Fuente: Olivera; 2006: 18.

2.2.2 Capas que conforman los pavimentos rígidos.

De acuerdo con Badillo y Rico (2005), los pavimentos rígidos se componen por las siguientes capas:

a) Subrasante: Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada

en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante. Se considera como la cimentación del pavimento y una de sus funciones principales es la de soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, así como evitar que el terraplén contamine al pavimento y que sea absorbido por las terracerías.

b) Sub base: Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub base. La sub base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada.

c) Losa (superficie de rodadura): Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base.

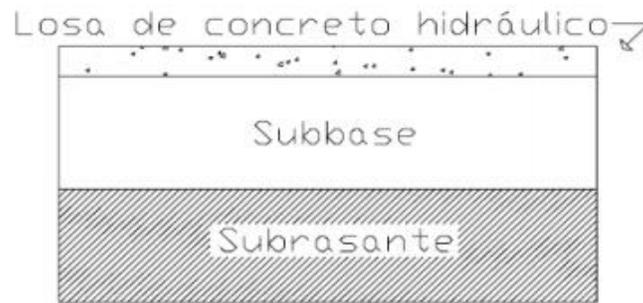


Figura 2.2 Capas que forman un pavimento rígido.

Fuente: Olivera; 2006: 7.

2.3 Asfalto.

Tomando como base lo dicho por Crespo (2004), el asfalto es un material de origen natural que se encuentra como constituyente del petróleo existente en las capas superiores de la corteza exterior de la tierra. Normalmente a más de 4,000 m bajo la superficie). Su constitución química incluye mayoritariamente carbono e hidrógeno en forma de hidrocarburos junto a sulfuros, oxígeno, nitrógeno y algunos metales como níquel, vanadio, calcio y magnesio en mucha menor cantidad.

Estructuralmente el asfalto se compone de asfaltenos que son los responsables de su consistencia (dureza) y los maltenos que aportan la adhesividad del material. Esta estructura presenta al asfalto en forma simplificada, sin embargo,

hay que enfatizar que la composición química es extremadamente compleja y distinta entre uno y otro asfalto.

El asfalto, el material de construcción más versátil del mundo actual, no es nuevo en ningún modo.

En la antigüedad se usó de muchas formas en Mesopotamia, Siria y Egipto. El asfalto utilizado por los antiguos era el material nativo procedente de los yacimientos o lagunas asfálticas, donde el crudo asfáltico subió a la superficie y las fracciones más ligeras se evaporaron naturalmente. El residuo pesado remanente contenía usualmente proporciones diversas de agua, tierra y otras impurezas; pero, mediante métodos de destilación lentos y burdos, se obtuvieron combustibles para las lámparas y productos bituminosos para impermeabilización y pavimentación.

2.3.1 Asfaltos líquidos.

Los tipos de asfalto refinado producidos por destilación directa son los siguientes:

Se producen otros asfaltos directamente de los cementos asfálticos, disolviéndolos en destilados volátiles; esos productos se llaman asfaltos rebajados y cuando contienen solventes tipo nafta o gasolina dan lugar a asfaltos líquidos de curado rápido y aquellos que contienen keroseno como solvente darán asfaltos de curado medio.

En el caso de una carpeta de rodamiento, construida por el procedimiento de mezcla en el lugar, el solvente debe separarse de la mezcla asfáltica, dejando

cemento asfáltico como cementante y como medio impermeabilizante. Mientras más dura sea la base asfáltica más solvente se necesitará para producir un .grado determinado de fluidez. La rapidez con la cual los asfaltos rebajados pueden invertir su estado para convertirse en cementos asfálticos, depende de la cantidad, carácter del solvente y las condiciones empleadas en su uso.

A) Asfaltos rebajados de fraguado rápido (fr)

Los asfaltos rebajados de fraguado rápido son cementos asfálticos diluidos con un destilado de petróleo tal como la gasolina, que se evapora rápidamente. Los productos de curado rápido se emplean cuando se desea un cambio rápido del estado líquido de aplicación al cemento asfáltico original.

Los tipos de asfalto de fraguado rápido variaba de FR-0 a FR-4, las consistencias, temperaturas de aplicación porcentajes de disolventes y penetraciones del cemento asfáltico original son casi similares a las de las designaciones comparables de la serie FM. La penetración del residuo después de la destilación se aproxima a la del asfalto original.

B) Asfaltos rebajados de fraguado medio (fm)

Los asfaltos rebajados de fraguado medio, son cementos asfálticos rebajados o diluidos a una mayor fluidez mezclándolos con destilados del tipo keroseno o el aceite diesel ligero que se evaporan a una velocidad relativamente baja. Los productos de fraguado medio tienen buenas propiedades humectantes que permiten

el revestimiento satisfactorio de los agregados en forma de polvos de graduación fina.

La consistencia de los asfaltos de fraguado medio varía desde líquidos ligeros (FM-0) hasta casi semisólidos (FM-4).

La fluidez de las diversas calidades está controlada por la cantidad de disolvente; el FM-0 puede contener tanto diluyente como 50% en volumen y el FM-4 tanto como el 22%.

La consistencia del aglutinante después de que el disolvente se evapora depende del cemento asfáltico originalmente seleccionado.

La penetración del residuo de la destilación es una medida de la dureza del asfalto en servicio.

C) Asfaltos rebajados de fraguado lento (fl)

Los asfaltos rebajados de fraguado lento son destilados de petróleo con las fracciones volátiles ligeras separadas en gran medida. Los asfaltos de fraguado lento se endurecen o fraguan muy lentamente y se emplean cuando se desea una consistencia casi igual a la del aglutinante mismo, tanto en el momento del tratamiento como después de un periodo de curación.

La consistencia de los asfaltos de fraguado lento a las temperaturas normales varían desde líquidos ligeros (FL-0), hasta semisólidos (FL-4).



Tabla 2.1 Asfaltos líquidos.

Fuente: Propia.

2.3.2 Pruebas de control.

De acuerdo con Rico y Del Castillo (2005), el uso de pruebas de control con altos niveles de energía específica y con pocos valores de humedad puede ser peligroso cuando se trabaja con suelos expansivos; y cuando los ingenieros piensan que la humedad óptima de laboratorio debe ser la que se aplicará en el campo, cuando debería ser lo contrario.

Hay dos tipos de pruebas, la AASHTO estándar y la AASHTO modificada, las cuales dan una idea del contenido de agua óptimo en el campo y la energía específica a utilizar.

2.3.3 Carpetas asfálticas.

Tomando como base lo dicho por Olivera (2006), menciona que la carpeta asfáltica es la capa superior de un pavimento flexible y es aquella que proporciona la

superficie de rodamiento uniforme para los vehículos. La cual está 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.

La granulometría es muy importante 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.

Retomando lo dicho por Olivera (2006), la función principal de la carpeta asfáltica es proporcionar una superficie de rodamiento adecuada, con textura y color convenientes y resistir los efectos abrasivos del tráfico. Hasta donde sea posible debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

2.4 Juntas.

La necesidad de construir juntas en los pavimentos es obvia, ya que de no hacerlo se presentaría grietas (controlar el agrietamiento) debido a la contracción y dilatación del concreto (absorber el movimiento de la losa). “Las juntas son generalmente, puntos débiles de la superficie de rodamiento en los cuales puede presentarse desperfectos al aumentar los pesos de los vehículos”. (Crespo, 2004; 348), pueden también, despostillarse por el efecto de elementos extraños en las mismas, tales como piedras, provocando, además, un aumento en los gastos de

conservación, por lo que es conveniente tener mucho cuidado en el proyecto y construcción.

De acuerdo con Rico y Del Castillo (2005), hay 4 tipos de juntas que son:

a) Juntas de contracción: Sirven para permitir los esfuerzos de contracción del concreto.

b) Juntas de expansión: Tienen la función de permitir la expansión de una con otra sin provocarse daños.

c) Juntas de construcción: Estas son interrupciones de colado pero que permitan su continuidad.

d) Juntas de alabeo o articulación: Tienen la función de evitar agrietamientos en el eje de la losa.

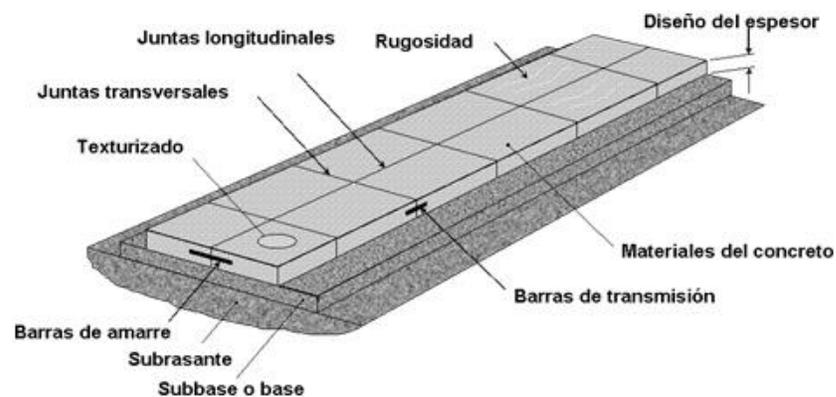


Imagen 2.1 Estructura de pavimento.

Fuente: www.duravia.com.

2.4.1 Juntas transversales.

De acuerdo con lo mencionado por Crespo (2004), las juntas transversales se usan con dos propósitos, para controlar las grietas de la losa que resultan de la contracción y para relajar los esfuerzos provocados por alabeo. En la actualidad, el tipo de junta de contracción de mayor uso es la junta simulada.

Cuando se presenta la contracción, se fractura la parte inferior de la losa en el plano debilitado y las clavijas y el entrelazamiento del agregado mantienen la integridad estructural de la junta. Este tipo de junta también se conoce con el nombre de junta “simulada” de contracción.

Los detalles del diseño de las juntas de contracción varían en cierta medida. La variación de los diámetros de las varillas es de $5/8$ a $1\ 1/2$ de pulgada.

Con frecuencia, la ranura en la parte superior del pavimento es de anchura constante ya sea de $1/8$ o de $1/4$ de pulgada. Esta ranura se forma frecuentemente por medio de un corte, pero también se puede hacer utilizando una tira pre moldeada que se inserta en el concreto fresco.

También, con la sierra se hace un corte más ancho para alojar el sellador de la junta, en la parte superior del pavimento la ranura ensanchada que puede suministrar un mejor factor de forma al material sellador. La ranura se rellena después con cualquiera de ciertos materiales entre los que se incluyen selladores líquidos o moldeados en el campo o sellados por compresión preformados.

Cuando se usan selladores moldeados en el campo, deberá colocarse cinta o papel aluminio en el fondo para evitar la adherencia entre el sellador y el concreto.



Imagen 2.2 Junta transversal en pavimento.

Fuente: www.procedimientosconstruccion.es.

2.4.2 Juntas longitudinales.

“Las juntas longitudinales son aquellas que se construyen paralelas al eje del camino con el fin de permitir los movimientos relativos de las diversas losas.” (Crespo; 2004: 348).

De acuerdo con lo dicho por Crespo (2004), en los caminos, la cantidad de juntas longitudinales depende del ancho de la corona de los mismos, escogiéndose, muy comúnmente, en forma tal que ellas dividan a la corona en el número de las vías necesarias para la circulación.

Aunque las juntas longitudinales pueden ser proyectadas y construidas de diferente manera, es muy común que se emplee el tipo hembra y macho.

Pero también se puede pavimentar en una sola pieza y poderla dividir mediante juntas longitudinales de ranura y rellenarlas con cemento asfáltico o cemento asfáltico semi-duro. Los moldes a utilizar pueden ser metálicos o de madera, generalmente son metálicos debido a que no hay aumento de volumen por humedad a comparación de la madera.



Imagen 2.3 Junta longitudinal en pavimento.

Fuente: www.procedimientosconstruccion.es.

2.5 Materiales utilizados para una carpeta asfáltica.

Según lo mencionado por Crespo (2004), no cualquier tipo de agregado pétreo sirve para formar una carpeta asfáltica, porque hay varios aspectos que se deben cumplir y son las siguientes:

a) No se deben usar agregados pétreos que tengan más del 35% de fragmentos que tengan marcada tendencia a romper en forma de laja cuando se tritura.

b) No se deben usar agregados pétreos con mucha cantidad de materia orgánica.

c) Los agregados pétreos deben utilizarse secos o con una humedad igual a la de absorción de ese material.

d) Los agregados pétreos no deben tener más de 20% de fragmentos suaves.

e) El tamaño máximo del agregado pétreo no deberá ser mayor que las 2/3 partes del espesor de la carpeta.

f) Deberá tener resistencia para soportar.

g) La absorción del material pétreo no debe ser mayor de 5%.

h) La densidad no deber ser menor de 2.3%.

i) Para los concretos asfálticos la contracción lineal debe ser igual o menor a 2%.

j) El material debe tener buena adherencia satisfaciendo las siguientes especificaciones:

a) Desprendimiento máximo por fricción 2.5%.

b) Cubrimiento máximo con asfalto 90%.

c) Perdida máxima de estabilidad causada por agua 25%.

d) Resistir a la prueba de intemperismo acelerado.



Imagen 2.4 Carpeta asfáltica.

Fuente: padegua.com.

2.6 Fallas en pavimentos flexibles.

De acuerdo con Rico y Del Castillo (2005), la tecnología que se ha ido desarrollando ha sido para evitar la aparición de fallas y con esto se ha logrado establecer una relación causa-efecto, por lo tanto, las vías terrestres se proyectan y se construyen para que estén en servicio por un determinado número de años. Al concluir este tiempo, los caminos se rescatan y se reconstruyen con el objeto de aumentarse el servicio por más tiempo.

Al estar en operación, una obra se deteriora poco a poco y presenta diferentes condiciones de servicio a través del tiempo. Los deterioros pueden ser

pequeños al principio, pero más adelante probablemente sean más serios y aceleren la falla de la vía, por esto, una obra requiere mantenimiento o conservación, para que por lo menos cumplan con su vida de proyecto y proporcionar un servicio adecuado.

Cuando una obra vial se pone en servicio, debe presentar las condiciones óptimas para su operación, al transcurrir el tiempo, se deteriora por el uso, dificultándose así cada vez más el tránsito, por lo que es preciso hacer una conservación normal adecuada y rehabilitaciones oportunas, para que la obra no llegue a tener una falla durante el tiempo de servicio.

Las fallas del pavimento pueden ser:

a) Estructurales: Implica una destrucción de la estructura del pavimento y, en general, se debe a que el tránsito que ha soportado la construcción es mayor al que se calculó para su vida útil. Aunque en otras ocasiones, la falla estructural se presenta en forma prematura, es decir, mucho antes de terminar su periodo útil y, entonces, se debe a espesores reducidos de pavimento, o que los materiales usados eran de mala calidad o a un mal drenaje y una baja compactación.

b) Funcionales: Es aquella que tienen los caminos cuando las deformaciones superficiales son mayores que las tolerables y provoca ciertas incomodidades al tránsito, de acuerdo con el tipo del camino del cual se trate.

El índice de servicio está ligado a este concepto de falla funcional.

Este índice se estima en función del estado físico de la superficie de rodamiento, que el técnico califica con base a la cantidad de baches, deformaciones y grietas que presenta el camino o bien de acuerdo a la opinión de los usuarios.

El criterio de calificación para obtener el índice de servicio varía de acuerdo con la dependencia encargada de construir o conservar los caminos de un país. En México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes cuenta al respecto con el manual denominado Aplicaciones de los conceptos de calificación y comportamiento a la reconstrucción y conservación de carreteras, con base en el cual se califican los caminos de la red nacional, para pavimentos de caminos nuevos, las fallas deben estar consideradas en las curvas o criterios de proyecto.



Imagen 2.5 Grietas en carpeta asfáltica.

Fuente: www.asfaltogravayterracerias.com.mx.

Retomando lo dicho por Rico y Del castillo (2005), a continuación, se describen diferentes tipos de fallas que se presentan en el pavimento y sus causas probables:

A) Agrietamiento: El agrietamiento puede deberse a defectos en la composición de la carpeta asfáltica, como podría ser:

- a) El endurecimiento del asfalto.
- b) Temperaturas bajas.
- c) Baja ductilidad del residuo.
- d) Las cargas aplicadas por tránsito y sus repeticiones sean superiores a las contempladas al diseño.

Pudiera ser que el mismo diseño no sea adecuado para manipular la información existente.

El agrietamiento también puede ocurrir por deformaciones elásticas en suelos resistentes que constituyen las capas del pavimento o por deformaciones plásticas en las capas inferiores a la carpeta, o aun fallas por falta de capacidades de carga en alguna o algunas de las capas que constituyen el pavimento.

La forma de reparar este tipo de fallas ha sido perfectamente estandarizada y varía desde el simple sellado de las fisuras hasta el bacheo en caja en zonas muy dañadas y la posterior construcción de una sobre carpeta en las zonas menos dañadas de un pavimento muy agrietado.

B) Distorsión: Generalmente se deben a:

- a) cargas y repeticiones no preventivas en el diseño.
- b) Contenidos elevados de asfaltos y solventes.
- c) Mala calidad de las capas que subyacen a la carpeta debido a problemas de compactación.
- d) Exceso de finos.
- e) Plasticidad de los suelos.
- f) Una nivelación inadecuada.
- g) Construir en época de lluvia.
- h) Deficiencia en el control.

El tránsito también puede ocasionar este daño debido a fugas de combustible o por el frenado y arranque. Los asfaltos suaves, agregados redondeados y el diseño inadecuado de la mezcla también pueden colaborar a este tipo de daño.

Para la reparación de este tipo de falla es común re nivelar y colocar sobrecarpeta, llagándose alguna vez a la remoción de la carpeta inestable y su posterior remoción.

C) Desintegración o desprendimiento: Esta es una falla de desintegración progresiva, consistente en la separación de los agregados pétreos o de pequeños trozos de carpeta. Las causas que pueden originar esta falla son:

- a) Insuficiente compactación durante la construcción.
- b) Colocación de la carpeta en tiempo muy húmedo o frío.
- c) Utilización de agregados sucios o desintegrados.
- d) Falta de asfalto en la mezcla.

Cuando la falla se encuentra en sus inicios, podrá efectuarse un mantenimiento preventivo que consistente en un riego de mortero asfáltico, si la falla se encuentra muy avanzada, y la superficie es muy extensa podrá llegarse a requerir un encarpetado.

D) Superficie lisa: La superficie lisa es uno de los problemas más serios en pavimentos en lo que concierne a la pérdida de vidas e inmuebles en carreteras, debido a accidentes. Este daño puede deberse en la carpeta a:

- a) Pulimiento de los agregados.
- b) Llorado de asfalto.
- c) Desprendimientos de los agregados.
- d) Mal drenaje superficial.

La reparación que generalmente se recomienda consiste en aplicar arena caliente en pavimentos, ranurar la carpeta y construir una sobre carpeta empleando agregados duros y con suficiente asfalto para que no se presente su oxidación, ni se

desprenda el agregado, pero en tal cantidad que no sea susceptible de sufrir el efecto conocido como llorado.

Las diferentes causas que pueden originar estos tipos de fallas pueden ser la presencia de condiciones no previstas en el diseño como drenaje, tránsito, clima, defectos en la construcción, control de calidad inadecuado o la mala calidad de los materiales.

Otros tipos de falla son los siguientes:

a) Calaveras.

Las calaveras son huecos que se forman en la superficie de rodamiento e incluso llegan a ser muy numerosos; su tamaño no es mayor que de 15 cm. se debe a una calidad insuficiente en la base, o carpetas con contenido de asfalto menor que el óptimo o por colocar una carpeta sobre otra agrietada y calaverada, que se refleja en la nueva.

b) Baches.

Se deben a la desintegración de la carpeta y de la base por la mala calidad de los materiales inferiores, incluidas las terracerías con alto contenido de agua. Ocurren también por la presencia de grietas y calaveras que no se trataron en forma adecuada y oportuna.



Imagen 2.6 Falla de carpeta asfáltica.

Fuente: www.asfaltogravayterracerias.com.mx.

2.7 Fallas en pavimentos rígidos.

El pavimento rígido está compuesto por un producto que tiende a agrietarse desde que termina su mezclado, esto ocurre al principio por la pérdida de agua y las reacciones químicas internas en esta etapa.

Las anomalías pueden reducirse a un mínimo si se curan en forma adecuada, para ello lo más efectivo es hacer un esparcido superficial inmediatamente después del tendido, de algunas de las sustancias que existen en el mercado para impedir que el agua de la mezcla se evapore. Además, debe tomarse en cuenta factores de clima, así como evitar el colado cuando haya vientos con alta velocidad o temperaturas muy altas, principalmente en las costas, después del tercer día, se debe mantener húmeda la superficie por medio de riegos de agua.

2.8 Conservación y costo.

Tomando como base lo dicho por Rico y Del Castillo (2005), varios factores deben tomarse en cuenta para la conservación de un pavimento, como son, la cantidad de tránsito, factores climatológicos, la degradación estructural del material, las condiciones del drenaje entre otros.

Cuando no se hace una correcta conservación de los pavimentos, estos reducen su vida útil para el que fueron diseñados y esto es a causa de los recursos económicos.

Así mismo dicho lo anterior y retomando lo dicho por Rico y Del Castillo (2005), el diseño correcto es aquel que llega a satisfacer las necesidades de la sociedad a un costo mínimo, por lo cual se deben tomar en cuenta los distintos criterios para poder determinar cuál es la opción correcta, según sea el caso. Uno de los factores principales que afectan el costo es la disponibilidad del material, la disponibilidad del mismo y el material aprovechable.

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN.

En el presente capítulo se mencionará todo lo referente al sitio donde se ubica el proyecto de pavimentación de la colonia Las Palomas, las características geográficas e hidrológicas que tiene la colonia incluyendo un reporte fotográfico.

3.1 Generalidades.

En esta investigación se realiza el diseño de pavimento rígido de las calles de la colonia Las Palomas en Uruapan, Michoacán, para este diseño se tendrá en cuenta las normativas y los aspectos teóricos necesarios.

En este trabajo se realiza un estudio geotécnico del lugar, el cual servirá para recolectar información sobre las características del suelo, para esto es necesario obtener una muestra inalterada del terreno y otra alterada para ser analizadas en el laboratorio de mecánica de suelos.

También se realizó un levantamiento topográfico mediante una estación total de donde se obtuvieron los datos necesarios para realizar posteriormente el plano en el software Auto CAD y así conocer la distribución de las calles y sus dimensiones.

Una vez obtenidas las características del terreno se realizó un aforo vehicular para conocer la cantidad y el tipo de vehículos que transitan por dichas vialidades ya que es importante obtener esta información para así poder realizar un diseño adecuado.

3.1.1 Objetivo.

El objetivo principal de este proyecto es el diseño de pavimento rígido para la colonia las palomas en Uruapan, Michoacán, que cumpla con la normatividad marcada por la SCT y con las características necesarias para satisfacer las necesidades de los habitantes.

3.1.2 Alcance del proyecto.

En el presente proyecto se da a conocer el procedimiento de diseño de pavimento rígido por el método Portland Cement Association (PCA), estableciendo el estado en que se encuentran las vialidades con respecto a las normas.

3.2 Resumen ejecutivo.

Para esta investigación se logró obtener un levantamiento topográfico mediante una estación total, para así conocer las dimensiones y el trazo de las calles, datos que son importantes para la realización del diseño de pavimento.

Se hizo la visita al lugar para conocer el estado actual, donde se observó el mal estado en que se encuentra la vialidad y como afecta al tránsito vehicular.

También se analizó la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) que aplica para este proyecto la cual establece los parámetros de calidad de los materiales que se deben utilizar.

3.3 Entorno Geográfico.

El estado de Michoacán se encuentra hacia el centro – oeste de la República Mexicana, entre las coordenadas 20°23' y 17°55' de latitud norte y en las coordenadas 100° 04' y 103°44' longitud oeste, limitado por los estados de Guanajuato al norte y al noroeste con Colima y Jalisco.

Al estado de Michoacán lo conforman dos grandes regiones montañosas que son: la Sierra Madre del Sur y el Sistema Volcánico Transversal.

La ciudad de Uruapan es la segunda más importante del estado de Michoacán con una extensión territorial de 954km², limitada por los municipios de Tingambato, Los Reyes, Nuevo Parangaricutiro, Paracho, Nahuatzen, Gabriel Zamora, Peribán, Charapan y Tancitaro.

Uruapan está a 62 km al oeste de Pátzcuaro y es la segunda ciudad más poblada del estado de Michoacán a una altura de 1600 m sobre el nivel del mar, con clima templado húmedo y una temperatura media anual de 19 grados centígrados. Su economía radica en la agricultura y fruticultura, y es uno de los principales productores de aguacate en la República.



Imagen 3.1 Ubicación de Michoacán.

Fuente: www.explorandomexico.com.

3.3.1 Macro y micro localización.

La zona de estudio del proyecto se localiza al oriente de la ciudad de Uruapan en las coordenadas geográficas 19°23'17" latitud norte y 102° 00'30", con una elevación aproximada de 1600 m sobre el nivel del mar, la cual limita al este con la colonia Tejerías y al oeste con la colonia San Francisco por donde se encuentra el único acceso a esta colonia.



Imagen 3.2 Uruapan, Michoacán.

Fuente: Google Maps 2016.



Imagen 3.3 Ubicación de la colonia Las Palomas en Uruapan, Michoacán.

Fuente: Google Maps 2016.

3.3.2 Geología regional y de la zona en estudio.

La Geología del Estado de Michoacán está formada principalmente en la zona de la sierra madre del sur por rocas antiguas, donde se logra apreciar las vetas de hierro y cobre, siendo una de las mayores reservas de estos metales, y por el lado del eje neo volcánico afloran las rocas de la edad cenozoica emitidas por los volcanes Jorullo y el Parícutín.

3.3.3 Hidrología regional y de la zona en estudio.

El estado de Michoacán cuenta con cuatro lagos importantes, que son, el lago de Pátzcuaro , lago de Zirahuen , lago de Chapala y el lago de Cuitzeo. Sus principales ríos son el río Lerma y el Balsas que recorren todo el estado, también cuenta con presas como lo son, la presa de Infiernillo, Zicuiran, La Villita, Chilatan y la Francisco J. Mujica.

En la zona aledaña a la de estudio, atraviesa un río que sirve de drenaje de aguas negras que son transportadas a la planta de tratamiento situada en la colonia Río Volga.



Imagen 3.4. Mapa Hidrológico de Michoacán.

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

3.3.4 Uso de suelo regional y de la zona en estudio.

En el sitio predomina un clima templado sub húmedo con lluvias en verano y con una temperatura promedio a 22°C, gracias a este clima predominan los bosques al igual que fauna como son roedores y mamíferos pequeños como armadillos, tejones, liebres y coyotes.

Dentro del sitio de estudio las actividades económicas son el comercio y la agricultura principalmente de aguacate, ya que la ciudad de Uruapan, Michoacán es considerada como un fuerte productor para el extranjero. También en la zona de estudio se logró conocer que la ganadería juega un papel importante ya que gran parte de las personas del lugar a eso se dedican.

3.4 Informe fotográfico.

A continuación se presenta un informe fotográfico de la colonia Las Palomas, en donde se muestra el estado del terreno y las vialidades del sitio de estudio.



Fotografía 3.1 Condiciones inapropiadas para el flujo vehicular.

Fuente: Propia.

En la fotografía 3.1 se observan las malas condiciones y la gran cantidad de vegetación que hay en las vialidades, impidiendo el libre tránsito vehicular y la inseguridad tanto para los peatones como para los automóviles que transitan por ellas.



Fotografía 3.2 Condiciones de la calle principal dentro de la colonia.

Fuente: Propia.

En las fotografías 3.2 y 3.3 se pueden apreciar la calle principal y una de las calles secundarias, las cuales tienen una pequeña capa de mejoramiento que se colocó por parte de los vecinos, que al igual que las demás calles muestran un notorio degradamiento por el flujo vehicular.



Fotografía 3.3 Mejoramiento por parte de los vecinos colocado recientemente.

Fuente: Propia.



Fotografía 3.4 Calle secundaria dentro de la colonia.

Fuente: Propia.



Fotografía 3.5 Calle secundaria dentro de la colonia.

Fuente: Propia.



Fotografía 3.6 Calle secundaria dentro de la colonia.

Fuente: Propia.

En las fotografías 3.4, 3.5 y 3.6 se puede observar que varias de las calles secundarias aún tienen el terreno natural sin ningún tipo de mejoramiento también se puede apreciar que debido al estado en que se encuentran las calles en tiempo de lluvias se acumula el agua por falta de drenaje vial, favoreciendo el aumento de la vegetación y dificultando el tránsito vehicular a sí mismo disminuyendo la seguridad de los peatones.



Fotografía 3.7 Tipos de vehículos que transitan.

Fuente: Propia.

En la fotografía 3.7 se logra apreciar que el tipo de vehículos que transitan por dicha colonia son comúnmente vehículos pesados a esto se debe el estado de

las vialidades, es importante revisar el tipo y la cantidad de vehículos que transitan el lugar para poder hacer un óptimo diseño del pavimento.



Fotografía 3.8 vegetación del sitio.

Fuente: Propia.

En la fotografía 3.8 se puede ver que el terreno aledaño son huertas de aguacate, lo cual influirá en las necesidades que se tengan a largo plazo ya que a futuro podrían perjudicar el diseño del pavimento si no se toman en cuenta.

3.4.1 Problemática.

Las vialidades de la colonia no cuentan con pavimentación, esto dificulta la circulación de los vehículos y la seguridad de las personas que transitan por este sitio ya que el terreno es muy irregular y el tipo de suelo que hay es de muy baja calidad.

En la siguiente fotografía se puede observar; como ya se hace mención anteriormente, el estado en que se encuentran las vialidades y el mal mantenimiento de ellas hace que sea difícil el tránsito ya que la acumulación de agua y el aumento de vegetación dificultan el paso peatonal y de vehículos.



Fotografía 3.9 Condiciones de las vialidades.

Fuente: Propia.

3.4.2 Estado físico actual.

Actualmente no se cuenta con ningún tipo de pavimento en el sitio, solo se cuenta con una pequeña capa de mejoramiento de mala calidad que los mismos habitantes del lugar colocan cuando la vialidad es intransitable.



Fotografía 3.10 Mejoramiento por parte de los vecinos.

Fuente: propia.

3.5 Alternativas de solución.

Se podría utilizar otro tipo de material y diseño para la pavimentación de las vialidades tomando en cuenta la utilidad, vida del material aplicado y mantenimiento a corto y largo plazo.

3.5.1 Planteamiento de alternativas.

Debido a que pudiera hacerse otro diseño de diferente tipo de pavimento, se debe tomar en consideración el tipo de estrato con que se cuenta, ya que es indispensable conocer si es recomendable a largo plazo.

3.6 Proceso de análisis.

Para el diseño de un pavimento rígido se deben consultar las normas de la secretaría de comunicaciones y Transportes (SCT) para así cumplir con lo que indica.

Para este diseño se pueden utilizar diferentes tipos de métodos, como es el método que brinda la Portland Cement Association (PCA), el cual se basa principalmente en el concepto de consumo de resistencia, este método calcula las distintas tensiones que se producen por el tránsito, y así poder calcular un pavimento apropiado.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se mencionarán los métodos y procedimientos utilizados para encontrar la solución apropiada para la investigación así como el enfoque de la misma, el alcance, la descripción del proceso así como las diferentes herramientas utilizadas para la recopilación de datos y obtención de resultados esperados de este estudio.

4.1 Método empleado.

Dentro de esta investigación realizada, se trata de diseñar un pavimento de tipo rígido el cual requiere un conjunto de cálculos y estudios cuantitativos, los métodos más apropiados a utilizar para poder llegar al resultado son el matemático y el método científico debido a que es el que tiene las características necesarias para dicha investigación.

4.1.1 Método científico.

“El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizados generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica.” (Tamayo; 2003:35).

El método científico es un conjunto de procedimientos donde se plantean problemas de carácter científico y se ponen a prueba los instrumentos de trabajo y las hipótesis.

El método científico elimina los procedimientos que busquen manipular la realidad de una forma caprichosa, imponiendo prejuicios, creencias o deseos que se adapten a la realidad y de los problemas que se investiguen. La investigación científica tiene los siguientes elementos:

- a) Los conceptos.
- b) El concepto como abstracción.
- c) Conceptos y comunicación.
- d) Definición operacional.
- e) La hipótesis.

El método científico es la combinación de la inducción y la deducción, esto quiere decir que mediante este proceso se logra el pensamiento reflexivo el cual da lugar a cinco etapas fundamentales, que son las siguientes:

- a) Percepción de una dificultad: Es cuando el individuo encuentra un problema que le preocupa y para el cual carece de los medios necesarios para llegar al fin deseado, además de la dificultad de explicar un acontecimiento inesperado.

- b) Identificación y definición de la dificultad: Aquí es cuando el individuo realiza observaciones que le permiten identificar las dificultades con mayor precisión.
- c) Soluciones propuestas para el problema (hipótesis): Una vez terminado el estudio de los hechos, el individuo puede formular juicios que puedan ser la solución de los problemas.
- d) Deducción de las consecuencias de las soluciones propuestas: En este punto el individuo puede concluir en que si cada solución que se haya propuesto resulta verdadera, le seguirán ciertas consecuencias.
- e) Verificación de la hipótesis mediante la acción: Esto se da cuando el individuo pone a prueba cada una de las soluciones propuestas, buscando los hechos que permitan reiterar si las consecuencias que se debían presentar realmente lo hacen o no.

Las características principales del método científico son las siguientes:

- a) Es fáctico.
- b) Trasciende los hechos.
- c) Verificación empírica.
- d) Auto correctivo.
- e) Formulaciones de tipo general.
- f) Es objetivo.

4.1.2 Método matemático.

El método matemático es un método cuantitativo, que se basa en la utilización de números o cantidades. Para esta investigación se hacen cálculos numéricos y estudios, por esto es el método adecuado para dicha investigación.

Cualquier estudio que utiliza los números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones, y se utilice para afirmar o negar alguna variable. Se está usando el método cuantitativo.

El método matemático es generalmente usado en las ciencias exactas, dentro de la cual se encuentra la Ingeniería Civil.

4.2 Enfoque de investigación.

“La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno.” (Hernández y Colaboradores, 2010; 4). Una investigación es la búsqueda de soluciones a problemas establecidos a resolver.

De acuerdo con lo mencionado por Hernández y Colaboradores. (2010) un enfoque cuantitativo usa la recolección de información para comprobar hipótesis.

Un enfoque cuantitativo tiene las siguientes características:

- a) Se tiene que plantear un problema de estudio delimitado y concreto.
- b) Una vez planteado el problema, se realiza un estudio de lo que se ha investigado anteriormente.

- c) Sobre la revisión de la literatura se construye un marco teórico.
- d) Del paso anterior surge la teoría, que es lo que se probará o negará.
- e) Se pone a prueba las hipótesis, mediante los métodos de investigación apropiados. Si los resultados son razonables o están a favor de la hipótesis aportan evidencias a su favor. Si son negativos se buscan mejores explicaciones o se cambia la hipótesis.
- f) Para obtener estos resultados el investigador, recolecta datos numéricos de los objetos o fenómenos, que analiza y estudia por medio de procesos estadísticos.

Hernández y Colaboradores. (2010) dice que la investigación cuantitativa debe ser lo más objetiva posible, esto quiere decir que los datos obtenidos no deben ser alterados por ningún motivo.

4.3 Alcance de investigación.

“Los estudios descriptivos son los que buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.” (Hernández y Colaboradores; 2010: 80).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, la presente investigación es de alcance descriptivo, ya que describe situaciones, eventos y hechos y como se manifiesta el fenómeno analizado.

4.4 Diseño de la investigación.

“El diseño es el plan o estrategia que se desarrolla para obtener información que se requiere en una investigación.”(Hernández y Colaboradores; 2010: 121).

De acuerdo con lo dicho por Hernández y Cols. (2010) existen dos tipos de diseños, la investigación experimental y la no experimental, la investigación experimental se divide de acuerdo a las categorías de Campbell y Standley en:

- a) Pre experimentos.
- b) Experimentos puros.
- c) Cuasi experimentos.

Y la investigación no experimental se subdivide en:

- a) Diseños transversales.
- b) Diseños longitudinales.

Para este caso el diseño que se elegirá será el no experimental ya que las variables que interfieren en esta investigación no serán manipuladas y será enfocada desde un punto de vista transversal ya que los datos serán recolectados en un solo momento.

4.5 Instrumentos de recopilación de datos.

Para la presente investigación se obtuvieron datos de manera cuantitativa, por medio de la observación se logró cuantificar el tipo de vehículos y el número de los mismos que transitan por las vías de comunicación de la zona de estudio y con esto

analizar la carga que tendrá que soportar el pavimento. Así mismo se utilizó una estación total, que es un instrumento electro-óptico utilizado en la topografía que sirve para el trazo y nivelación de las calles a pavimentar.

También se utilizaron software computacionales que ayudan de manera efectiva para almacenar y procesar los datos obtenidos tales como Microsoft Excel, el cual es un software que cuenta con hojas de cálculo que sirven de manera eficaz para el manejo de datos numéricos, así como formulas; también se utilizó el software Auto CAD el cual sirve para interpretar los puntos geográficos obtenidos por la estación total, así como para obtener el mejor diseño del pavimento, conocer el volumen total de la excavación y del material utilizado, también permite realizar planos e imágenes en 3D.

4.6 Descripción del procedimiento de investigación.

Antes de todo, se ubicó el sitio de estudio, se realizó una búsqueda en el programa Google Earth para obtener su ubicación exacta, después se hizo una visita de campo al lugar, para corroborar la ubicación y hacer una revisión de las vialidades y de los factores que influyen en dicho sitio y con una cámara digital recopilar fotografías para documentar lo analizado.

Se realizó una consulta de la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT), manuales de construcción y libros.

Realizado lo anterior se utilizaron el software Excel para elaborar una hoja de cálculo con los datos obtenidos, en la cual se realizaron operaciones matemáticas y

se aplicaron varios métodos para la construcción de pavimentos rígidos, y posteriormente se utilizó el software Auto CAD para realizar un plano digital así como un perfil del pavimento a construir.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En el presente capítulo se habla sobre los métodos utilizados para el diseño de pavimento rígido tales como el aforo vehicular el cual se realizó manualmente, el estudio del VRS y el proceso constructivo.

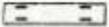
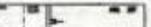
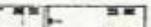
5.1 Aforo vehicular.

De acuerdo con Crespo (2004), el aforo vehicular es el volumen de tránsito o cantidad de vehículos de motor que transitan por un camino en determinado tiempo y en el mismo sentido. Los términos comúnmente usados son:

- a) Tránsito Anual (TA): es el número de vehículos que pasan durante un año.
- b) Tránsito Mensual (TM): es el número de vehículos que pasan durante un mes.
- c) Tránsito Semanal (TS): es el número de vehículos que pasan durante una semana.
- d) Tránsito Diario (TD): es el número total de vehículos que pasan durante un día.
- e) Tránsito Horario (TH): es el número de vehículos que pasan durante una hora.

f) Volumen de Tránsito: es el número de vehículos que pasa un punto determinado durante un periodo específico de tiempo.

La clase y la cantidad de vehículos que transitan por un camino variará según el tipo de camino que sea, por este motivo existe una clasificación la cual se muestra en la siguiente tabla:

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			Ap	—	46	58	
	CAMONETAS			Ac		12		
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES			B	—	12	42	
	CAMIONES			C2	73	100		30
				C3	13			
				T2-S1	7			
				T2-S2				
				T3-S2	7			
				T2-S1-R2				
OTRAS COMBINACIONES								
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES	VARIABLE		E ⁿ variable	VARIABLE			
	MAQUINARIA AGRICOLA							
	BICICLETAS Y MOTOCICLETAS							
	OTROS							

FUENTE: S.O.P.- PROMEDIO DE LOS ESTUDIOS DE ORIGEN Y DESTINO DEL 1 AL 38 (1960 A 1970).

Tabla 5.1 Clasificación general de los vehículos.

Fuente: Manual de proyecto geométrico (SCT); 1991,69.

El conocimiento del volumen y tipo de vehículos que circulan en la red de tránsito, permite determinar el grado de ocupación y las condiciones en que opera cada segmento de la red, el análisis de su evolución histórica es fundamental para definir las tendencias de su crecimiento y para planear con oportunidad las acciones que se necesitan para evitar que alguno de sus tramos deje de prestar el nivel de servicio que demanda el tránsito usuario. Por lo que se refiere a la infraestructura, dicha información es básica para estudiar el potencial de captación de tránsito de nuevos tramos, así como para definir sus características geométricas y estructurales. En la red en operación, estos datos son útiles para priorizar las necesidades de mantenimiento, programar su modernización o reconstrucción e identificar la necesidad de rutas alternas.

El método utilizado comúnmente es el manual, que es aquel que registran a vehículos haciendo trazos en un papel o con contadores manuales. Mediante éstos es posible conseguir datos que no pueden ser obtenidos por otros procedimientos, como clasificar a los vehículos por tipo. Los recuentos pueden dividirse en 30 minutos e incluso 15 cuando el tránsito es muy denso. Para hacer los recuentos se deben preparar hojas de campo, la duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas.

El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados, ambos métodos son manuales. Durante periodos de tránsito alto, es necesaria más de una persona para efectuar los aforos.

La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

A continuación se muestra el aforo vehicular de la colonia Las Palomas en el cual se indica el tipo y la cantidad de vehículos de acuerdo a su clasificación, también se incluyó el día en que se realizó dicho aforo. Cabe mencionar que se usó el método manual, en donde se realizó una visita a la colonia durante seis días consecutivos durante una hora diaria.

Para el siguiente aforo, previamente se realizó una zonificación para ubicar cuales son las calles principales y secundarias para así poder hacer un diseño óptimo de acuerdo al tránsito vehicular.

Aforo de la colonia "Las palomas". (calle principal).						
Tipo de vehículo	lunes (05/09/16)	martes (06/09/16)	miércoles (07/09/16)	jueves (08/09/16)	viernes (09/09/16)	sábado (10/09/16)
Automóviles (AP)	13	11	11	6	11	6
Pickup (AC)	7	4	7	8	6	6
Camiones (C2)	1				1	
Camiones (C3)	1		1		1	
Camiones (T2-S1)	1					
Camiones (T2-S2)				1		

Tabla 5.2: Aforo Vehicular de calle principal.

Fuente: Propia.

En la tabla 5.2 se puede observar el aforo vehicular de la calle Palomas la cual se localiza dentro de la colonia Las Palomas y es la calle principal por la que transita la mayoría de los vehículos y personas ya que en ella se encuentra el acceso a la colonia, también se puede ver que los fines de semana son los días con menor afluencia vehicular además de que mayormente es transitada por peatones y automóviles (AP).

Aforo de la colonia "Las palomas". (calles secundarias).						
Tipo de vehículo	lunes (05/09/16)	martes (06/09/16)	miércoles (07/09/16)	jueves (08/09/16)	viernes (09/09/16)	sábado (10/09/16)
Automóviles (AP)	12	11	9	4	8	3
Pickup (AC)	6	2	3	7	6	3
Camiones (C2)					1	
Camiones (C3)						
Camiones (T2-S1)						
Camiones (T2-S2)						

Tabla 5.3: Aforo Vehicular de calles secundarias.

Fuente: Propia.

En la tabla 5.3 se muestra el aforo vehicular de las calles secundarias el cual se realizó en las calles Colibrí y Golondrina, estas son las más utilizadas por los vecinos ya que son las que cuentan con mejoramiento.

5.2 Estudio del Valor Relativo de Soporte (VRS).

La prueba de valor relativo de soporte se utiliza mucho todavía en la tecnología mundial de pavimentos como prueba de control de calidad. Por lo tanto, es interesante conocer la variación del valor relativo de soporte con las diferentes condiciones de compactación.

Para el cálculo del Valor Relativo de Soporte (VRS) , se toma una muestra del suelo que se va a estudiar la cual es secada en su totalidad, posteriormente se criba en la malla de 1 pulgada , se coloca en una charola en donde se le agrega agua para obtener la humedad óptima de compactación en el suelo, pesando 3 kg de material húmedo el cual se colocará en un molde de acero de 15 cm de diámetro y 20 cm altura; para la colocación del material en el molde se irá aplicando por capas y distribuido con una varilla, hasta completar 3 capas, para colocarlo en una prensa que le aplicará una carga de 140kg/cm^2 , carga aplicada uniformemente en la superficie del material al interior del molde, este proceso se denomina ensaye Porter, y posteriormente se le aplica una penetración la cual nos determinará el VRS del material que se está estudiando.

En la prueba del Valor Relativo de Soporte hay muchos factores que pueden hacer variar los resultados como pueden ser el tipo de material, la humedad óptima o la mala compactación del mismo.

En la siguiente tabla se muestran los resultados del cálculo de la prueba del VRS:

LECTURAS DE ENSAYE		
DEF(MM)	LEC(MM)	CARGA(KG)
0.00	0.000	0.000
2.00	0.028	80.25
4.00	0.044	129.52
6.00	0.056	166,47
8.00	0.067	200.34
10.00	0.078	234.21

Tabla 5.4: Resultados de ensaye de la prueba del VRS.

Fuente: Propia.

Posteriormente se aplica la fórmula del VRS que es la siguiente:

$$VRS = \frac{\text{Segunda lectura}}{1425} \times 100$$

Y se obtiene que:

VALOR RELATIVO DE SOPORTE DEL SUELO	
VRS 2da LECTURA (%)	8.87%

Tomando en cuenta la siguiente tabla se puede conocer la calidad de la muestra de suelo.

VALORES MINIMOS DE VRS DE ACUERDO A LA CAPA	
CAPA	VALOR MINIMO (%)
TERRAPLEN	5
SUBYACENTE	10
SUBRASANTE	20
SUBBASE	50\60
BASE	80

Tabla 5.5: Valores mínimos de Valor Relativo de Soporte de acuerdo a la capa.

Fuente: Propia.

Una vez obtenidos los resultados se pudo conocer que el material es un terraplén al cual se le deberá aplicar una capa de filtro para evitar que el material de diseño sea afectado con el transcurso del tiempo por el manto freático.

CALIDAD DE LA MUESTRA DE SUELO
TERRAPLEN

5.3 Zonificación y clasificación de vialidades.

De acuerdo con los estudios de mecánica de suelos realizados para el presente proyecto, se pudo conocer que el lugar de estudio se puede dividir en una sola zona, ya que todo el terreno cuenta con las mismas propiedades de carga.

En la organización para el buen funcionamiento de una ciudad se identifican muchos elementos, dentro de los cuales destacan las vialidades, mismas que sustentan el desarrollo de las actividades diarias de sus habitantes al facilitar el traslado, y la interacción de su población. En el caso de la colonia Las Palomas, estas funciones empiezan a tomar mayor relevancia por el crecimiento que está presentando la mancha urbana. En ella, la estructura vial está compuesta por diferentes tipos de vialidades de acuerdo a sus características constructivas y de funcionamiento formando la red vial.

En la siguiente imagen se muestra el plano de la distribución de las calles de la colonia Las Palomas la cual cuenta con 2 vialidades primarias y 7 vialidades secundarias:

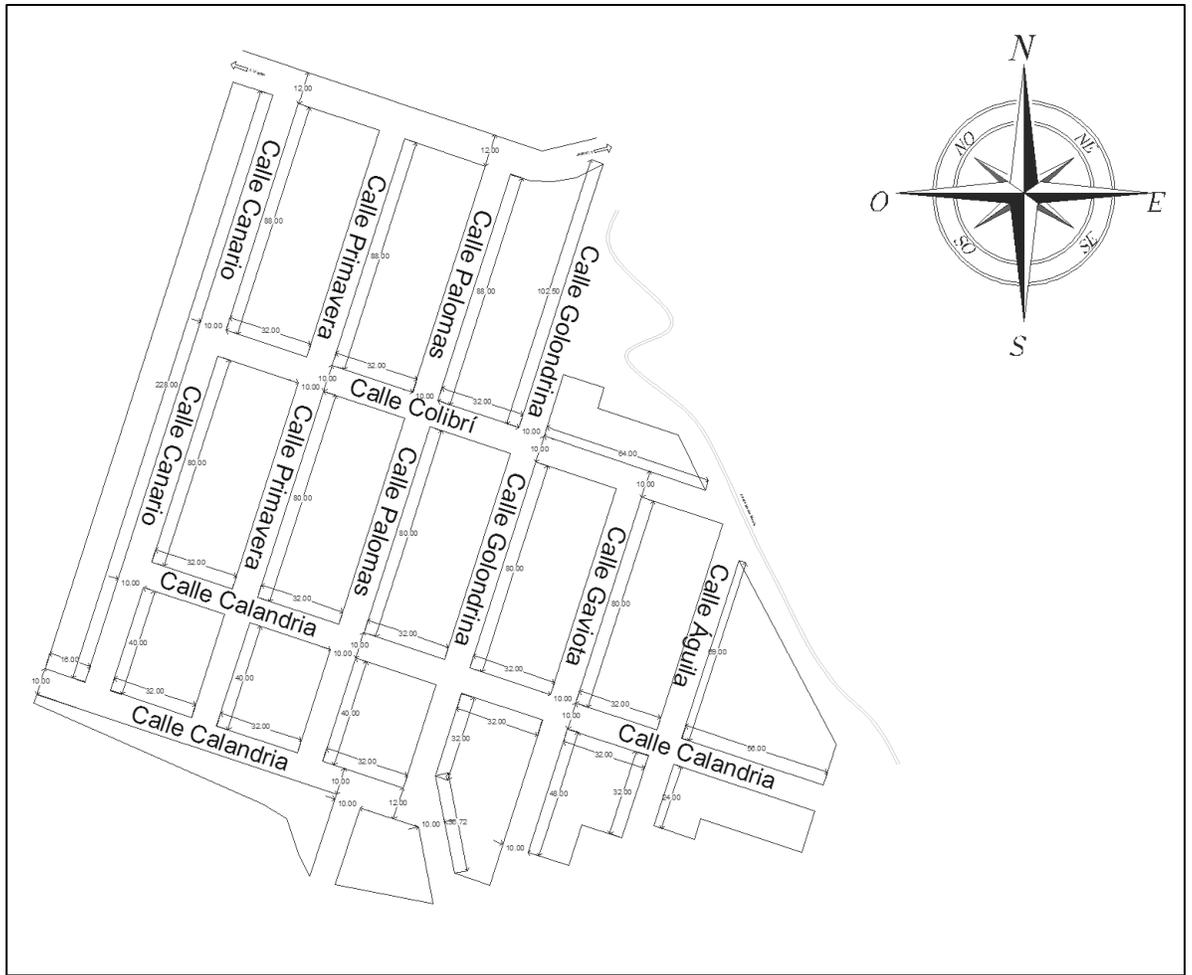


Imagen 5.1: Plano de distribución de las vialidades de la colonia Las Palomas.

Fuente: Propia.

De acuerdo a los datos estadísticos obtenidos en el Aforo Vehicular y de las visitas de campo se pudo hacer una clasificación de las calles de acuerdo a su tránsito vehicular.

Vialidad primaria:

Las vialidades primarias son vías que, por sus características geométricas y su capacidad para mover grandes volúmenes de tránsito, enlazan y articulan gran cantidad de viajes.

Este tipo de vialidades varían en su trazo y condiciones de operación de acuerdo a la zona geográfica en que se ubican.

En la siguiente imagen se puede identificar la red vial principal de colonia Las Palomas que está compuesta por 2 vialidades primarias:

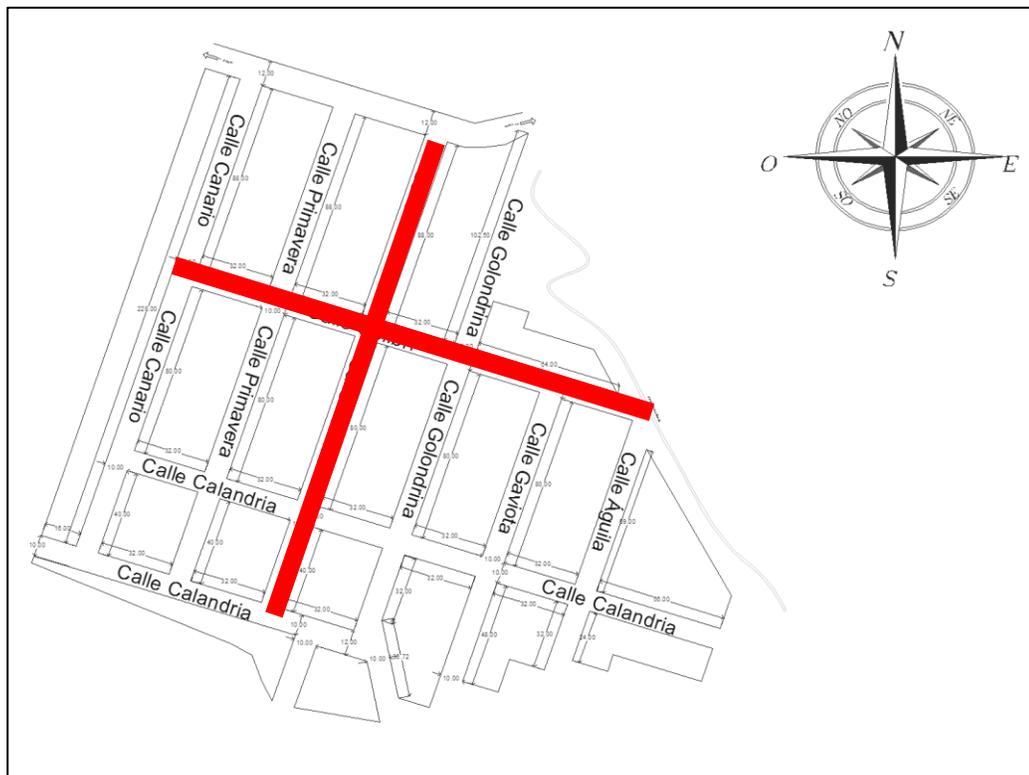


Imagen 5.2: Vialidades primarias de la colonia Las Palomas.

Fuente: Propia.

Vialidad secundaria:

Las vialidades secundarias son vías colectoras que unen a las diferentes calles principales con las calles locales, proporcionando a su vez acceso a las propiedades colindantes.

En la siguiente imagen se puede identificar las calles secundarias de la colonia, esta red vial está compuesta por 7 vialidades secundarias.

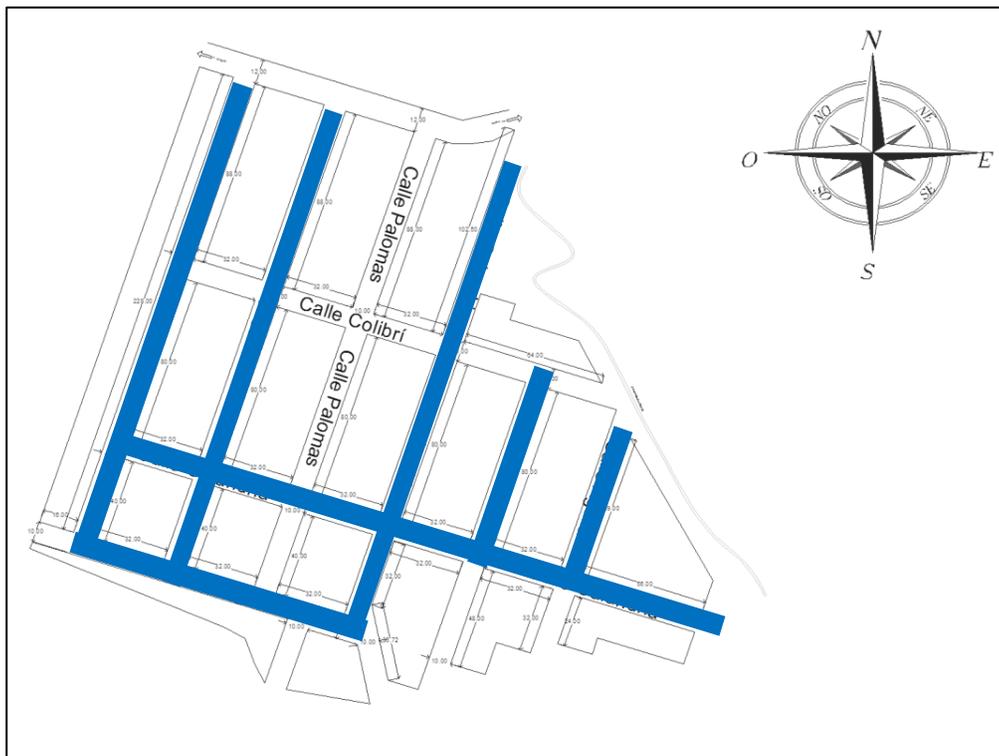


Imagen 5.3: Vialidades secundarias de la colonia Las Palomas.

Fuente: Propia.

El resultado obtenido de la clasificación de las vialidades de la colonia Las Palomas sirve para calcular un diseño específico para cada tipo de calles y así poder diseñar un pavimento óptimo y garantizar su vida útil.

Sin embargo, se tiene un Valor Relativo de Soporte muy similar en las calles muestreadas y no hay grandes diferencias en los aforos, por lo tanto, se puede llegar a la conclusión que se puede utilizar el mismo diseño de pavimento para todas las vialidades que integran la colonia.

5.4 Aplicación del método de la PCA (Portland Cement Association).

El método de la PCA (Portland Cement Association) se puede utilizar en el dimensionamiento de diferentes tipos de pavimentos rígidos como son:

A) Los pavimentos de concreto simple, construidos sin acero de refuerzo y sin varillas de transferencia de carga entre las juntas, ya que se asume que la transferencia de dicha carga se logra a través del esfuerzo de corte que proporcionan los agregados situados en las caras agrietadas intencionalmente en las losas, por ello la restricción de la longitud de dichas losas a ser cortas, en esta investigación el diseño se realiza con las características generales descritas en este párrafo.

B) Los pavimentos de concreto simple con varillas de transferencia de carga, que no tienen propiamente acero de refuerzo, tan solo pasajuntas entre las losas de concreto realizadas, las cuales realizan la transferencia de carga entre las losas, en necesario que las losas sean cortas con el objetivo de tener mejor y mayor control sobre los agrietamientos que se puedan producir.

C) Los pavimentos de concreto armado o reforzado, que tienen propiamente acero de refuerzo así como varillas de transferencia de carga en las juntas de contracción, evitando con el armado de refuerzo las fisuras o grietas transversales que se puedan presentar, lo que permite una mejor transferencia de carga.

D) Los pavimentos de refuerzo continuo, que se construyen sin juntas de contracción, por tener una continuidad de acero de refuerzo, e igualmente que los pavimentos de concreto armado evitan las fisuras transversales y se tiene un alto grado de eficiencia en la transferencia de carga.

De acuerdo con el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (2002), en los pavimentos de concreto simple, el espaciamiento entre las juntas de las losas no debe exceder una dimensión de 4.50 m, para que las losas presenten un buen comportamiento, para pavimentos con pasajuntas, no exceder una dimensión de 6.00 m y para pavimentos reforzados una dimensión de 12.0 m, espaciamientos mayores presentan problemas tanto en la juntas como en grietas transversales.

Para este método se establecen varias condiciones para el desarrollo del procedimiento de diseño:

- La transferencia de carga depende del tipo de pavimento que se establezca.
- El uso de hombros (franja de guarniciones) de concreto, reduce los esfuerzos de flexión y deflexiones, producidos por las cargas de los vehículos en los hombros de las losas.

- Para considerar la reducción de los esfuerzos que se producen por el paso de los vehículos, se debe considerar la utilización de capas de sub-base, ya sean estabilizadas o con materiales controlados, que proporcionen superficies de soporte de mejor calidad y resistencia a la erosión que la propia subrasante.
- Los criterios básicos de diseño son por fatiga y por erosión.
- Los camiones con eje tridem se consideran dentro del diseño, puesto que este tipo de ejes pueden llegar a causar más daño por efecto de erosión que por fatiga, sin embargo en este caso no se consideran por el tipo de vialidad estudiada.

Posteriormente al conocer las condiciones del lugar de proyecto, definir el tipo de pavimento a diseñar, se deberá tomar en cuenta los siguientes factores.

La resistencia a la flexión de concreto o el Módulo de Ruptura (MR), utilizando este factor para el criterio de fatiga que sufren los materiales por el paso de las cargas impuestas por los vehículos, que pueden producir agrietamientos, en este diseño utilizaremos un Módulo de Ruptura mínimo de 40 kg/cm^2 .

La capacidad de soporte de la capa subrasante y de la capa de sub-base, valor mejor conocido como Módulo de Reacción (k), se obtiene del ensaye de placa o se puede estimar a partir del ensaye de Valor Relativo de Soporte (VRS), así mismo la utilización de capas de sub-base son necesarias con el objetivo de incrementar la capacidad de soporte del pavimento, esta capa puede o no, ser estabilizada e incluso conformarse con concreto pobre, así mismo con la utilización de este se puede llegar

a reducir el espesor de la losa de concreto, en la imagen 5.2 se puede observar el incremento del valor k con la utilización de una sub-base de tipo granular (material de banco sin estabilizar) dependiendo del espesor de la misma.

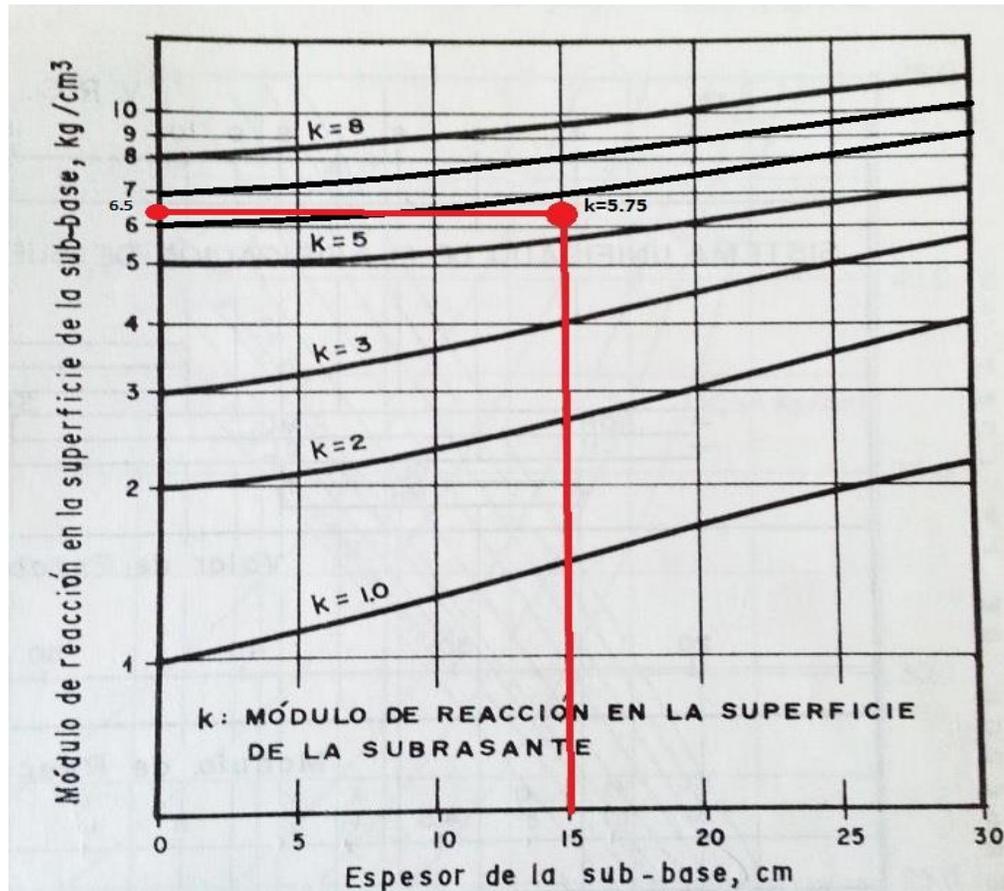


Imagen 5.2.- Gráfica para obtener el valor de K sobre la sub-base conocido el mismo sobre la subrasante.

Fuente: MCDP; 2002; 211.

Para esta investigación, el Módulo de Reacción para la capa de Subrasante se obtiene de la correlación del Valor Relativo de Soporte Obtenido en el estudio de mecánica de suelo que en promedio es de 8.87%, que corresponde a un valor k de

5.75 kg/cm²/cm, mientras que para la capa de sub-base se tomarán los requisitos establecidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en su Norma N-CMT-4-02-001-11 para este tipo de capas, señalando un Valor Relativo de Soporte mínimo de 60% correspondiente a un valor k corregido para un espesor propuesto de 6.5 kg/cm²/cm, obtenido de la gráfica de la imagen 5.2, para determinar el valor de k corregida por efecto de colocar una capa de sub-base de tipo granular, proponiendo un espesor de la capa de sub-base de 30.00 cm y revisando la gráfica de los valores de k de subrasante de 5.75 kg/cm², correspondiendo con el espesor propuesto de 30.00 cm obtenemos el K de la sub-base de 10.00 kg/cm².

Otro factor a considerar es la distribución del tránsito proyectado o aforado y 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, y es el mismo valor el cual se utilizará para este diseño, una tasa de crecimiento anual del 1.20 % y un tránsito de proyecto diario anual (TPDA) estimando en los vehículos promedio por colonia se obtuvieron unos resultado de:

$$A_p = 56.30\%$$

$$A_c = 36.90\%$$

$$B_2 = 0.00\%$$

$$C_2 = 1.90\%$$

$$C_3 = 2.90\%$$

$$T_2-S_1 = 1.00\%$$

$$T2-S2 = 1.00 \%$$

En la imagen 5.3 se obtendrá el factor de crecimiento propuesto por este método.

Tasas de crecimiento anual de tránsito, %	Factores de proyección	
	20 años	40 años
1	1.1	1.2
1 1/2	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 1/2	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 1/2	1.4	2.0
4	1.5	2.2
4 1/2	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5 1/2	1.7	2.9
6	1.8	3.2

Imagen 5.3.- Tasa anual de crecimiento con sus factores de proyección.

Fuente: MCDP; 2002; 211.

El factor de seguridad de carga, el cual estará determinado por el tipo de vía a diseñar, el MCDP, menciona que, para vías que presentan múltiples carriles en las cuales se espera un alto tránsito de vehículos pesados, el factor recomendado es $F_{sc}=1.2$, para carreteras y vías urbanas en las que el tránsito esperado es moderado,

el factor será de $F_{sc}=1.1$, mientras que para calles residenciales y de tránsito bajo el factor será de $F_{sc}=1.0$.

Así mismo se puede calcular el volumen total de vehículos esperados en la vida de proyecto mediante la siguiente fórmula:

$$vt = \frac{TDPA(FP)}{N} \left(\frac{Tcp}{100} \right) \left(\frac{CCP}{100} \right) (365)(Pd)$$

Calculando este valor:

TPDA 1 = 292 vehículos.

FP = 1.27 (factor de proyección) usando la fórmula.

$$(1 + \text{tasa crecimiento})^{\text{Periodo de Diseño}}$$

N = 1.0, número de carriles.

r = 1.20%, tasa de crecimiento.

Tcp = 7%, porcentaje de vehículos pesados.

CCP = 1, Factor de corrección de tránsito en el carril de diseño.

Así, para esta investigación se tiene un valor de vehículos total de 184,002.99; este valor se usará para el cálculo de las repeticiones esperadas.

Con el uso de una hoja de cálculo previamente realizada se analizan los espesores de estructura de pavimento, proponiendo un espesor de losa de concreto de 15.00 cm y una capa de sub-base de material granular con espesor de 15.00 cm.

El método de diseño seleccionado, establece que en base a la distribución de los tipos de vehículos esperados en la vialidad de proyecto, se determine el número de ejes equivalente tanto sencillos como tándem y al peso que tiene cada uno de ellos en la estructura, determinarán el total de ejes por cada 1000 vehículos y por ende las repeticiones de carga esperadas para cada tipo y peso de los ejes, con las repeticiones esperada se procede a comparar con las repeticiones admisibles por fatiga, estas repeticiones las determinamos en base a los valores de esfuerzos equivalentes, obtenido de la imagen 5.4 e imagen 5.5, en la cual entramos con el espesor de losa propuesta de 15.00 cm y se obtiene el valor de la k para diseño de 6.5 kg/cm², obteniendo los valores de esfuerzo equivalente para eje sencillo de 10 y para tándem de 22.5; en siguiente valor requerido es la relación de esfuerzos, la cual obtenemos de dividir el esfuerzo equivalente entre el módulo de ruptura, para lo cual obtenemos valor de relación de esfuerzo para eje sencillo de 0.61 y para eje tándem de 0.76.

Con los valores ya calculados, y con el uso de las imágenes 5.4 e imagen 5.5, se puede determinar la relación de esfuerzos resistentes (MR), para ello se entró a las gráficas utilizando el peso de los ejes sencillos y de los ejes tándem, con los cuales se traza una línea hasta intersectar con el valor K de la sub-base, posteriormente esa línea se intersecta con el espesor propuesto de la sub-base el cual nos sirve de pivote para localizar la relación de esfuerzos resistentes.

Con esto se determina la estructura más adecuada, en base a los resultados obtenidos y los espesores constructivamente más convenientes.

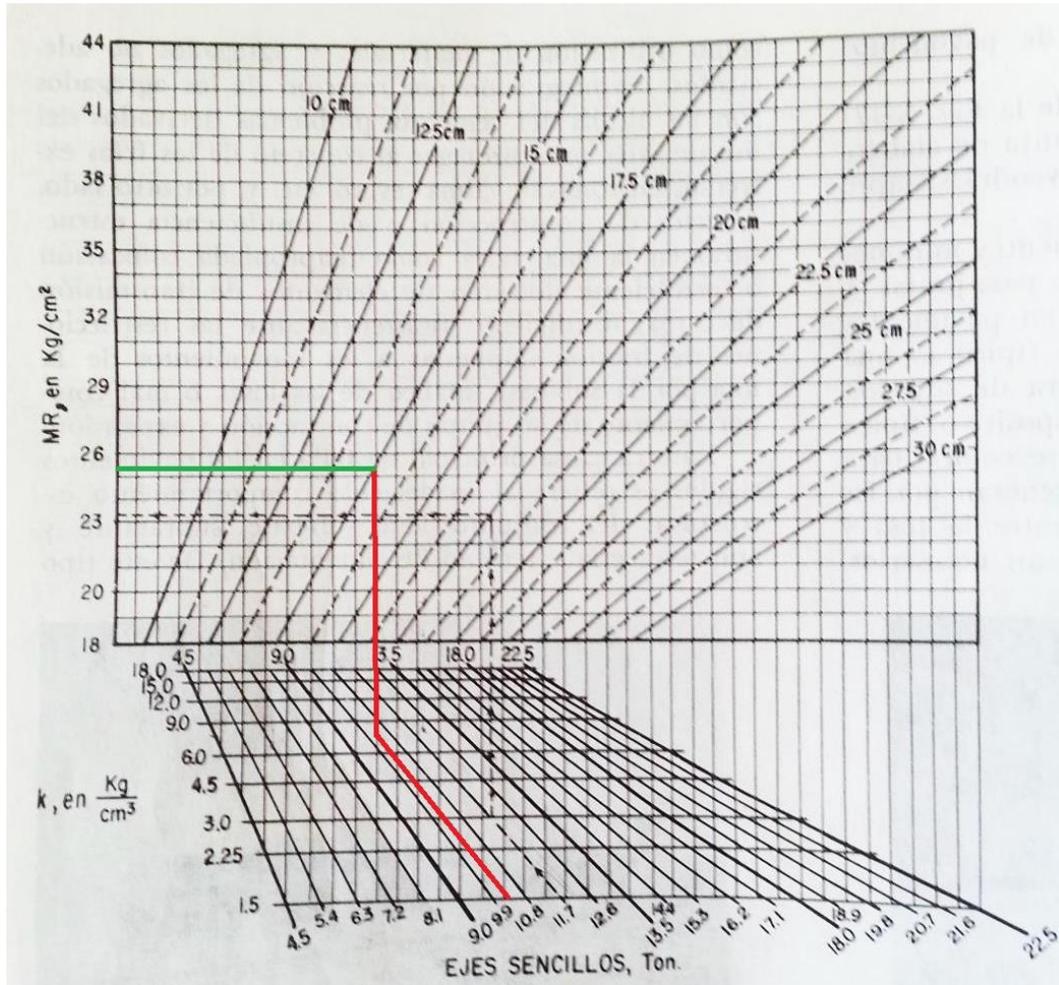


Imagen 5.4.- Gráfica de diseño para cargas en ejes sencillos.

Fuente: MCDP; 2002; 222.

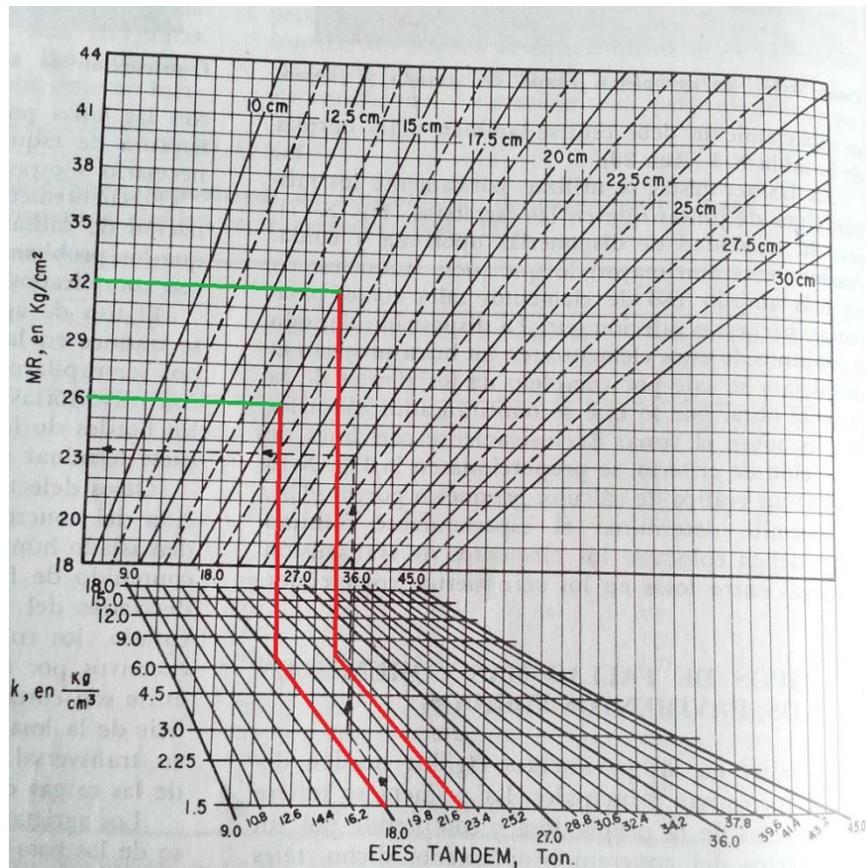


Imagen 5.5.- Gráfica de diseño, para carga en tándem.

Fuente: MCDP; 2002; 222.

A continuación se muestran unas tablas con la opción adecuada después de tener en cuenta los parámetros para el diseño del pavimento conforme al PCA arrojan los siguientes resultados teniendo en cuenta los siguientes formatos:

METODO PORTLAND CEMENT ASSOCIATION.											
ANALISIS DE TRANSITO.											
CLASIFICACION DEL TRANSITO EN PORCENTAJE:					DATOS GENERALES:						
Ap =	56,30%	Ac =	36,90%	B2, B3 =	0,00%	TPDA =	292,0				
C2 =	1,90%	C3 =	2,90%	T2 - S1 =	1,00%	TASA CRECIMIENTO ANUAL	1,20%				
T2 - S2 =	1,00%	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	292,0	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 =	7%	Porcentaje de vehículos pesados.									
CCP =	1,0	Factor corrección de tránsito en el carril de diseño.	vt =	184.002,99							
EJES SENCILLOS											
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Número de Vehículos	Número de Ejes del Vehículo		Peso de los Ejes. (Ton)		Clasificación de Ejes		Total Ejes C/1000 Vehic	Repaticiones Esperadas
				Delanteros	Traseros	TOTALES	Delanteros	Traseros	Peso Eje		
A2	2,0	93,2%	272	272	272	544	1,0	1,0	1	544	342.800,09
B2	15,5	0,0%	0	0	0	0	5,5	10,0	5,5	20	12.602,94
C2	15,5	1,9%	6	6	6	6	5,5	---	10	0	0,00
C3	23,0	2,9%	8	8	8	8	5,5	---			
T2-S1	24,5	1,0%	3	3	3	3	5,5	---			
T2-S2	31,5	1,0%	3	3	3	3	5,5	---			
T3-S2	39,0	0,0%	0	0	0	0	5,5	---			
T3-S3	43,0	0,0%	0	0	0	0	5,5	---			
EJES TANDEM											
C2	15,5	1,9%	6	---	6	6	---	18,0	18	26	16.383,83
C3	23,0	2,9%	8	---	8	8	---	18,0	22,5	0	0,00
T2-S1	24,5	1,0%	3	3	3	6	18,0	18,0			
T2-S2	31,5	1,0%	3	3	3	6	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			

CALCULO DE ESPESORES:						
Resistencia de proyecto; Concreto f_c kg/cm ² =	350,00	Modulo de Ruptura kg/cm ² =	42,00	MR=0.12 f_c		
Determinación de la capacidad portante de la capa de apoyo.						
% VRS SR:	8,87					
Obtención del Módulo de reacción de la capa de apoyo "K", utilizando una subbase de buena calidad (VRS min. 60%).						
K SR:	5,75	kg/cm ²				
Espesor prop. SB:	15,00	cm				
Kc para Diseño:	6,50	kg/cm ²	de graficas.			
Tomando en cuenta los datos del tránsito y las propiedades mecánicas del concreto y la capa de apoyo, determinaremos la fatiga consumida, haciendo uso de la tabla de cálculo siguiente:						
SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 15.00 CM.						
Peso por Eje	Esfuerzo actuante	Relación de Esfuerzos	Repeticiones		% de Fatiga consumida	
			Permisibles	Esperadas		
EJES SENCILLOS						
1,0	< 18	0,51	infinita	342.800,09	0,0%	
5,5	< 18	0,51	infinita	12.602,94	0,0%	
10,0	25,5	0,61	24.000,00	0,00	0,0%	
EJES TANDEM						
18,0	26,0	0,62	18.000,00	16.383,83	91,0%	
22,5	32,0	0,76	360,00	0,00	0,0%	
SUMA =					91%	MENOR AL 100% OK
Finalmente concluimos con que el espesor del pavimento de concreto en este caso es de 15 cm, con concreto hidraulico de 350 kg/cm ² , en cual se asentara sobre una capa de subbase hidraulica con espesor de 15 cm, La sección transversal a usar se muestra a continuación.						

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PROYECTADA.		
LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO.	15 CM	$f_c = 350$ kg/cm ² , MR min =42.0
SUBBASE DE BUENA CALIDAD.	15 CM	Subbase de buena calidad, VRS min.=60% TMA 1", NORMA N-CMT-4-02-001/11
TERRENO NATURAL, ARCILLA ARENOSA.		Terreno natural compacto.

Una vez recabada la información de todo el análisis se hace un recuento de los datos usados y obtenidos. La colonia “Las Palomas” se propone en base a una estructura de pavimento rígido con una resistencia $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ el cual está considerado sin ningún refuerzo de acero cumpliendo con los requerimientos en cuanto a la guarnición y el patín el cual se determina en base al ancho de las losas de concreto.

En el cálculo se aprecia la estructura real del pavimento teniendo en su totalidad un espesor de 30 centímetros, a partir de la sub rasante, de la cual la base hidráulica consta de un espesor de 15 centímetros y la capa de concreto hidráulico requerirá un espesor de 15 centímetros.

Todo el presente análisis corresponde al diseño del pavimento de concreto hidráulico en la colonia “Las Palomas” para su adecuado funcionamiento. Todo esto se logró gracias a los estudios de mecánica de suelos que proporcionan datos que son de suma importancia para la determinación de los cálculos antes realizados.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos y a la investigación realizada se concluye partiendo del objetivo general que se pretendía era seleccionar y diseñar el pavimento óptimo que se utilizará en las vialidades de la colonia Las Palomas que se ubica en la zona oriente de Uruapan Michoacán queda satisfactoriamente realizado.

El objetivo se logró mediante fuentes teóricas y prácticas las cuales fueron necesarias para conocer el procedimiento para el diseño y la construcción de dicho pavimento.

Teniendo como incógnita del proyecto, ¿Cuál es el diseño adecuado de pavimento de concreto hidráulico para la colonia “Las Palomas”, en Uruapan Michoacán? Se concluyó que se diseñó por el método PCA (Portland Cement Association) el cual se consideró el más apropiado para dicho pavimento.

De igual manera, dentro de la investigación realizada, se dio respuesta a los demás objetivos de la presente tesis como el de establecer qué un pavimento es la capa o conjunto de capas de materiales, comprendidas entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, explicando que lo conforman diferentes capas de material seleccionado y el cual va aumentando de calidad y control del mismo conforme se acerca a la capa de rodamiento, que existen normas de calidad para cada tipo de capa a proponer o construir, las cuales permiten la uniformidad de las características en los diferentes materiales utilizados para una denominada capa específica de la estructura de un pavimento además de que es una estructura que recibe de forma directa las cargas de tránsito y las transmite hacia las capas

inferiores de la estructura, y que la parte superior de dicha estructura es conocida como superficie de rodamiento la cual debe de ser funcional, uniforme y resistente a las condiciones aplicadas. Para saber las condiciones y fuerzas que actuarán sobre el diseño del pavimento fue necesario realizar un aforo ya que el conocimiento del volumen y tipo de vehículos que circulan en la red de tránsito, permite determinar el grado de ocupación y las condiciones en que opera cada segmento de la red, el análisis de su evolución histórica es fundamental para definir las tendencias de su crecimiento y para planear con oportunidad las acciones que se necesitan para evitar que alguno de sus tramos deje de prestar el nivel de servicio que demanda el tránsito usuario.

Otro factor que se consideró fue la distribución del tránsito proyectado o aforado y el periodo de diseño del pavimento, el cual fue 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, y es el mismo valor el cual se utilizó para este diseño, una tasa de crecimiento anual del 1.20 % y un tránsito de proyecto diario anual.

Así también se realizó una clasificación de vialidades teniendo en cuenta que las vialidades primarias son vías que, por sus características geométricas y su capacidad para mover grandes volúmenes de tránsito, enlazan y articulan gran cantidad de viajes. Y las vialidades secundarias son vías colectoras que unen a las diferentes calles principales con las calles locales, proporcionando a su vez acceso a las propiedades colindantes. Posteriormente se realizó un aforo de cada una, sin embargo, se obtuvo un Valor Relativo de Soporte muy similar en las calles

muestreadas y no hubo grandes diferencias en los aforos, por lo tanto, se utilizó el mismo diseño de pavimento para todas las vialidades que integran la colonia.

Una vía de comunicación mal construida provoca que ésta tenga deficiencia en su vida útil, esto afecta significativamente al desarrollo económico. Por ello es necesario contar con un pavimento el cual tenga una garantía de durabilidad para no afectar los sectores de producción o la vialidad de la población.

Para poder contar con un pavimento de buena calidad o que tenga un grado de durabilidad razonable es necesario realizar estudios y diseños para cumplir con las normas y condiciones adecuadas. Esto para que el buen funcionamiento del mismo beneficie a la población, ya que es de suma importancia para los ciudadanos de esta localidad. Así mismo se debe tener una evaluación constante del mismo para detectar condiciones adversas a las que está sometido.

BIBLIOGRAFÍA.

Betancourt, Max. (2016).

Reglamento de Construcción del Distrito Federal.

Ed. Trillas.

Concretos CEMEX. (2003).

Manual de Construcción, CEMEX.

Concretos CEMEX. México.

Crespo Villalaz, Carlos (2004).

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

Ed. Limusa. México.

Crespo Villalaz, Carlos (2004).

Mecánica de suelos y cimentaciones.

Ed. Limusa. México.

Fernández Coppel, Ignacio Alonso (2001).

Las coordenadas geográficas y la proyección UTM.

Universidad de Valladolid.

Hernández Sampieri, Roberto y Colaboradores (2010).

Metodología de la investigación.

Ed. McGRAW-HILL. México.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. (2002).

Pavimentos de concreto para carreteras.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. México.

Juárez Badillo y Rico Rodríguez. (2005).

Fundamentos de la mecánica de suelos.

Ed. Limusa. México.

Juárez Badillo y Rico Rodríguez. (2005).

Mecánica de Suelos tomo 2.

Ed. Limusa. México.

Mier Suárez, José Alfonso. (1987).

Introducción a la Ingeniería de Caminos.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

Montes de Oca, Miguel. (1989).

Topografía.

Alfaomega, México.

Olivera Bustamante, Fernando. (2006).

Estructuración de vías terrestres.

Ed. Patria.

Rico Rodríguez y Del Castillo. (2005).

La ingeniería de suelos en las vías terrestres: Carreteras, ferrocarriles y aeropistas.

Volumen 1.

Ed. Limusa. México.

Rico Rodríguez, Alfonso. (2005).

La ingeniería de suelos en las vías terrestres: Carreteras, ferrocarriles y aeropistas.

Volumen 2.

Ed. Limusa. México.

Robinson, Arthur (1987).

Elementos de Cartografía.

Ed. Omega.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1991).

Manual de proyecto geométrico de carreteras.

SCT, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1986).

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

SCT, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2015).

Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán de Ocampo.

SCT, México.

Tamayo y Tamayo, Mario. (2003).

El proceso de la investigación científica.

Ed. Limusa. México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

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

<http://www.cemexmexico.com>.

<http://www.wikipedia.com>.