



UNIVERSIDAD
DON VASCO, A.C.

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727 – 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil.

DISEÑO DEL PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA URBANIZACIÓN DE LA COLONIA TEJERÍAS DE URUAPAN MICH.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Jesús Guerrero Blanco.

Asesor:

I.C. Guillermo Navarrete Calderón.

Uruapan, Michoacán, 18 de Junio de 2014.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del Problema.	2
Objetivo.	3
Pregunta de investigación.	3
Justificación.	3
Marco de referencia.	4

Capítulo 1.- Urbanización.

1.1. Definición de Urbanización	6
1.2. Historia de la Urbanización	7
1.3. Clasificación de las zonas urbanas.	9
1.3.1. Desarrollos habitacionales urbanos	10
1.3.2 Desarrollos habitacionales suburbanos.	14
1.3.3 Desarrollo de fraccionamientos tipo comercial	17
1.3.4 Desarrollo de fraccionamientos de tipo industrial.	17
1.4. Concepto de vialidades urbanas.	18

1.4.1 Antecedentes de las vialidades urbanas.	19
1.4.2. Clasificación de las Vialidades urbanas.	19
1.4.2.1 Vialidades colectoras.	20
1.4.2.2 Vialidades principales.	20
1.4.2.3 Vialidades secundarias.	20
1.5 Importancia de la topografía para un desarrollo urbano.	20
1.5.1 Definición de topografía.	21
1.5.1.1 Levantamientos topográficos.	21
1.5.1.2 Levantamientos Geodésicos.	22
1.5.2. Métodos para la obtención de un levantamiento topográfico.	23
1.5.2.1 Poligonacion.	23
1.5.2.2. Nivelación.	25
1.6 Importancia de la mecánica de suelos para un desarrollo urbano	27
1.6.1 Definición de suelo.	27
1.6.2 Factores generadores del suelo.	28
1.6.3. Tipos de Suelos.	29
1.6.4. Fases de los suelos.	30

1.6.5. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).	33
1.6.6 Pruebas de laboratorio.	36
1.6.6.1 Muestreo de los materiales.	36
1.6.6.2. Granulometría.	37
1.6.6.3 Limites de consistencia de los suelos.	39

Capítulo 2.- Pavimentación.

2.1 Definición de Pavimento.	40
2.2 Clasificación de los pavimentos.	41
2.3. Capas que conforman la estructura de un pavimento flexible.	41
2.4. Asfaltos.	43
2.4.1. Clasificación de los Asfaltos.	44
2.5. Carpetas asfálticas.	46
2.5.1 Materiales pétreos utilizados para la formación de una carpeta asfáltica.	46
2.6. Tipos de fallas en los pavimentos flexibles.	48
2.6.1 Fallas por insuficiencia estructural.	48
2.6.2 Fallas por defectos constructivos.	49
2.6.3 Fallas por fatiga.	49

2.7 Capas que conforman la estructura de un pavimento rígido.	49
2.8 Concreto Hidráulico.	50
2.8.1 Cementos.	50
2.8.2. Clasificación de los Cementos.	51
2.8.3. Materiales pétreos utilizados para la elaboración de concreto hidráulico.	52
2.8.3.1 Agregados pétreos finos.	53
2.8.3.2. Agregados pétreos gruesos.	53
2.8.3.3. Relación agua-cemento.	54
2.9 Losas de concreto hidráulico.	54
2.10 Agrietamiento del concreto hidráulico.	55
2.11 Tipos de losas de concreto.	57
2.12 Juntas de dilatación.	59
2.13. Juntas de construcción.	60
2.14 Tipos de fallas en los pavimentos rígidos.	60
2.15 Control de calidad en pavimentos rígidos.	61
2.16 Sellado de juntas.	62

Capítulo 3.- Resumen de Macro y Micro Localización.

3.1. Generalidades.	63
3.1.1. Objetivo.	64
3.1.2. Alcance del proyecto.	64
3.2. Resumen ejecutivo.	64
3.3. Entorno geográfico.	65
3.3.1. Macro y micro localización.	68
3.3.2. Clima.	70
3.4. Informe fotográfico.	71

Capítulo 4. Metodología.

4.1 Método empleado.	74
4.1.1 Método científico.	74
4.1.2 Método matemático.	76
4.2. Enfoque de la investigación.	78
4.3. Alcance de la investigación.	79
4.4. Diseño de la investigación.	80
4.5. Instrumentos de recopilación de datos.	81

Capítulo 5.- Cálculos, Análisis e Interpretación de Resultados.

5.1 Aforo vehicular.	82
5.2 Valor Relativo de Soporte (VRS).	86
5.3 Diseño del pavimento rígido por medio del método PCA.	88
Conclusión.	110
Bibliografía.	112

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

En este mundo que tiene un alto índice de crecimiento poblacional la necesidad de que la gente cuente con una vivienda se está convirtiendo en un problema, ya que dicho bienestar social no es algo del que todas las personas gocen, convirtiéndose en un beneficio de unos pocos, dando como resultado asentamientos que se encuentran fuera de control y sin planificación.

Después de una búsqueda en la biblioteca local se ha comprobado que no existen otros trabajos similares o que profundicen tanto como se hará en este. Pero esto no significa que no exista información o que este sea un estudio exploratorio, más bien se deberá tomar como una recopilación de información de este tema dando como resultado una fuente de información más específica de sobre la el Diseño de Pavimentos para la Urbanización de una Zona.

De acuerdo con Mier (1987) el hombre tiene aproximadamente 100'000 años sobre la faz de la tierra esto basándose en estudios realizados a restos humanos encontrados y a algunas reliquias que datan de esa fecha, pero no fue hasta hace apenas 10'000 años que este dejó de ser nómada y se volvió sedentario esto dio origen a la agricultura y por tanto a las primeras civilizaciones hace 6'000 años y apenas hace 5'000 años se realizó el descubrimiento de la rueda lo que conllevó a la necesidad de superficies de rodamiento adecuadas para poder transitar.

Pero no fue hasta hace 3'000 años en tiempo de los egipcios y los asirios dos civilizaciones que tuvieron un gran auge quienes empezaron con el desarrollo de sus

camino quienes lograron trazar una ruta entre Asia y Egipto. 2500 años más tarde los cartaginenses fueron los primeros en construir caminos revestidos con roca, acción que fue imitada por los romanos dando como resultado la construcción de caminos de manera científica.

Este hecho fue uno de los factores que influyeron de manera trascendental para el crecimiento del imperio romano ya que gracias a la gran labor de los ingenieros militares de la época lograron conformar una red de caminos bien estructurada haciéndolos ahorrar tiempos de traslado.

Planteamiento del Problema.

La necesidad de contar con vías de comunicación en buenas condiciones es primordial en un trabajo de urbanización, ya que los caminos que se encuentren dentro de esta zona deben de brindar tanto seguridad y comodidad a los usuarios de dichas vialidades, por tal motivo tanto el trazo, como el diseño del pavimento que se pretenda utilizar debe cumplir con las necesidades del proyecto y las necesidades de los habitantes de dicha zona a urbanizar para satisfacer de una buena manera todo tipo de condiciones a los que pueda ser expuesto.

Por esta razón es necesario saber ¿Qué tipo de pavimento es mejor para el proceso de urbanización de la Colonia Tejerías de Uruapan, Mich? Y con esto seleccionar el tipo de pavimento a utilizar y a continuación realizar el diseño de dicho pavimento para dar solución a esta problemática de la manera técnica más adecuada.

Objetivo general.

Seleccionar y Diseñar el pavimento que se utilizará en las vialidades del interior en el proceso de urbanización en la colonia Tejerías que se encuentra ubicada en la zona oriente de Uruapan, Mich.

Objetivos particulares:

- a) Definir que es un pavimento.
- b) Señalar como se clasifican los pavimentos.
- c) Mostrar las diferencias entre los tipos de pavimento.
- d) Elegir la mejor opción de pavimento para este caso.
- e) Diseñar la estructura del pavimento más favorable para este caso.

Pregunta de Investigación.

- a) ¿Qué tipo de pavimento es mejor para el proceso de urbanización de la Colonia Tejerías de Uruapan, Mich?
- b) ¿Cuál es el diseño de dicho pavimento?
- c) ¿Por qué es necesario realizar dicho procedimiento?
- d) ¿Qué beneficios obtendrá la comunidad con la pavimentación?

Justificación.

Este trabajo de investigación tiene como fin obtener en base a estudios teóricos y prácticos de varios datos relacionados con el diseño de pavimentos en vialidades urbanas, en este caso en particular los primeros beneficiados con este

trabajo serán los habitantes de la colonia Tejerías, ya que este trabajo será un estudio realizado con datos verídicos de las condiciones tanto de suelo como de tránsito actuales con las que esta zona cuenta por tal motivo la selección y el diseño podrán ser aplicables si se requiere, con dicho estudio se pretende brindar una fuente de información que pueda servir a la comunidad en general que desee conocer dichos datos, y con esto lograr que se tome como punto de partida en la incursión de más estudios de este tipo para los demás proyectos de urbanización que cumplan con las características de este caso en particular; Este estudio también servirá para futuros ingenieros que deseen conocer que criterios deben ser tomados en cuenta en el mantenimiento de la vías terrestres con las características de este caso en particular, así como las medidas y procedimientos para realizar un trabajo de conservación en este tipo de caminos.

Marco de Referencia

Uruapan es una ciudad del estado de Michoacán de Ocampo y también es cabecera del municipio de Uruapan cuyo clima es templado y de vegetación exuberante y con una gran producción de Aguacate de exportación cualidad que hace que sea reconocida como “La capital mundial del aguacate”, esta ciudad también es punto de enlace entre las zona de tierra caliente y la región de la meseta purépecha. Fundada en 1533 por Fray Juan de San Miguel su extensión abarca aproximadamente los 954.17km² los cuales están limitados por los municipios de Los reyes, Charapan, Paracho, Nahuatzen, Tingambato, Ziracuaretiro, Taretan, Nuevo Urecho, Gabriel Zamora, Paracuaro, Nuevo Parangaricutiro, Tancitaro y Periban.

La colonia que será el objeto de este estudio se encuentra ubicada al oriente de la ciudad en las coordenadas geográficas 19°23'31.69" latitud norte y 102°00'23.52", con una elevación aproximada a la altura del mar de 1601 metros, la cual limita en su mayoría con terrenos ejidales al norte, sur y este, al oeste colinda con la colonia San Francisco Uruapan, por donde se encuentra la única vialidad de acceso a esta colonia.

CAPÍTULO 1

URBANIZACIÓN

En el presente capítulo se pretende abordar temas fundamentales para el proceso de urbanización partiendo desde la definición del concepto como tal, así como también los criterios topográficos, la mecánica de suelos que se necesitan para el correcto diseño y la normatividad aplicable para una urbanización.

1.1 Definición de Urbanización.

De acuerdo con la página electrónica es.wikipedia.org (2014), la urbanización debe de entenderse como un grupo de viviendas que se encuentran situadas por lo general en un lugar donde era medio rural, que está en las cercanías de una población y que cuenta con servicios básicos tales como: electricidad, agua potable, alcantarillado y pavimento.

“El urbanismo es el conjunto de disciplinas que se encarga del estudio de los asentamientos humanos para su diagnóstico, comprensión e intervención. El urbanismo utiliza a la geografía urbana como herramienta fundamental, e intenta comprender los procesos urbanos a fin de planificar las intervenciones para la cualificación del espacio” (es.wikipedia.org; 2014). Tomando en cuenta lo anterior las palabras Urbanismo y Urbanización provienen del término Urbe que a su vez quieren decir ciudad, y éstas son estructuras habitacionales de diferentes tipos dependiendo el tipo de personas que las habiten, pero que cuentan ya que cada estructura debe satisfacer las necesidades de los habitantes según las actividades que realicen.

1.2 Historia de la Urbanización.

De acuerdo con la página www.ciceana.org (2014), las ciudades o núcleos urbanos se han construido de acuerdo con los momentos o circunstancias históricas que vivía la comunidad como conjunto, es decir, las necesidades acontecimientos por los que pasaban las sociedades en determinado momento, por ejemplo, las ciudades de la época medieval sus construcciones eran a base de torres y cercas con muros anchos y altos de piedra, esto tenía como base, el protegerse de ataques de sus enemigos, este tipo de construcciones o tipos de urbes antiguas tuvieron gran auge hasta los siglos XVII y XVIII.

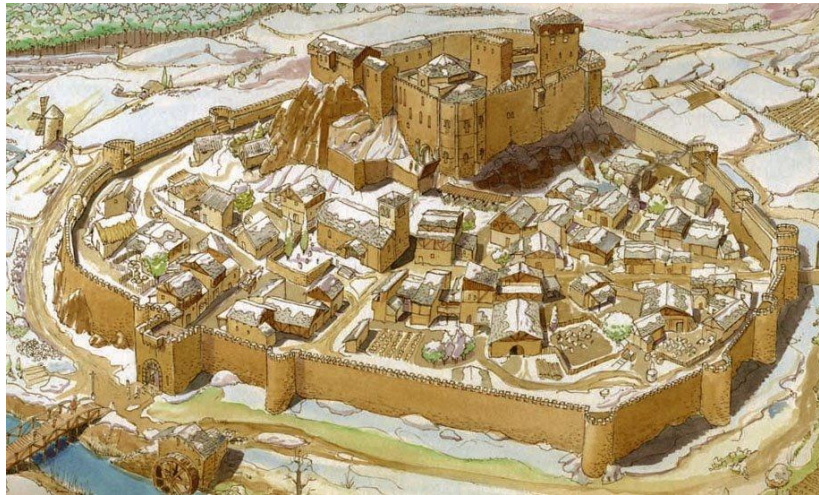


Imagen 1.1 Ciudad Medieval

Fuente: www.wordpress.com (2014)

Después pasaron de ser sólo fortalezas donde se aglomeraban las personas a edificios con estilos más arquitectónicos, esto marcado por la tendencia barroca, que fue impulsada por la nueva situación política y económica de la época ya que para

esta época la monarquía era absoluta, haciendo las construcciones más estéticas y con muchos más adornos que sus predecesoras.



Imagen 1.2. Ciudad Estilo Barroco

Fuente: www.viajesdeeuropa.com (2014)

Luego con la llegada de la revolución industrial, la forma de vida tuvo un cambio drástico tanto en la cuestión económica como en la forma de organización social y como consecuencia un impacto en las ciudades, ya que con esta revolución dio origen a una nueva forma de pensamiento que sencillamente se enfocaba en dos puntos, lo que era útil y la manera de aumentar la riqueza de las personas a cualquier costo posible sin importar quién resultara afectado.

Los fundamentos éticos tenían como base a la rentabilidad en la producción. De esa forma comenzaron a surgir un sinnúmero de ciudades con la misma característica: lo industrial como una nueva forma de vida.



Imagen 1.3. Ciudades Estilo Industrial

Fuente: www.ciudadesimportantes.com (2014).

Por todo esto, es importante conocer la evolución que han tenido las ciudades, para así se puedan encontrar formas de solución a los problemas. En la actualidad la construcción de una nueva zona urbana está regida por diferentes códigos y leyes que deben respetarse para brindar a los habitantes tanto como seguridad y comodidad.

1.3 Clasificación de las zonas urbanas.

De acuerdo con el Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán (2011), todos los proyectos de desarrollo urbano tendrán que atender las necesidades de sus habitantes tomando en cuenta la densidad de población que estos puedan albergar y deberán cumplir con ciertos criterios, tanto, en cuestiones de servicios como en requerimientos mínimos de espacio. De tal manera cada tipo de

desarrollo urbano tiene elementos por los cuales se pueden clasificar y son los siguientes:

1.3.1 Desarrollos habitacionales urbanos.

Este tipo de desarrollos tienen la característica de que están ubicados dentro de un centro de población y los espacios para este tipo de fraccionamiento son prácticamente enfocados en la vivienda. A su vez existe una subdivisión de estos espacios, ya que estos pueden ser:

- a) Desarrollos habitacionales urbanos de tipo residencial, para la clasificación de estos desarrollos deben cumplir con las siguientes características: que la densidad de población se encuentre entre los cincuenta y uno y los ciento cincuenta habitantes por hectárea, que la superficie de los lotes sea mayor de los trescientos metros cuadrados y la medida mínima de su frente sea de doce metros, la zona de desarrollo debe tener como máximo un diez por ciento de la superficie vendible destinada a áreas de tipo comercial o de servicios. Las vialidades colectoras deben tener un ancho mínimo de veinte metros de paramento a paramento y las banquetas un ancho aproximado de tres metros. Las vialidades que son principales tienen que tener un mínimo de ancho de dieciséis metros y las banquetas un aproximado de dos metros y medio, para las vialidades secundarias un ancho mínimo de doce metros y las banquetas de dos metros aproximadamente, también otros de los puntos con que debe contar el desarrollo es que tenga una fuente de agua potable que abastezca todo el

desarrollo, desde el punto de almacenamiento donde pueda tener un proceso de cloración hasta la red y cada toma para cada domicilio, un sistema de alcantarillado para el desechamiento de aguas negras provenientes de los domicilios, mismo que tendrá que descargar hacia el colector municipal o en su caso hacia un sistema de tratamiento para este tipo de aguas, un sistema de alcantarillado para las aguas pluviales, guarniciones hechas con concreto hidráulico, banquetas hechas de concreto hidráulico u otro material que tenga una calidad similar, debe también contar con áreas verdes, las vialidades deben tener concreto hidráulico u otro material que tenga la calidad similar a esté dentro del área del arroyo vehicular, así como también la infraestructura necesaria para albergar las redes de alumbrado público, energía eléctrica y líneas telefónicas subterráneas, mobiliario en las áreas verdes y caseta de vigilancia.

- b) Desarrollos habitacionales urbanos de tipo medio , para la clasificación de estos desarrollos deben cumplir con las siguientes características: que la densidad de población se encuentre entre los ciento cincuenta y uno y los trescientos habitantes por hectárea, que la superficie de los lotes sea mayor de los doscientos metros cuadrados y la medida mínima de su frente sea de ocho metros, la zona de desarrollo debe tener como máximo un diez por ciento de la superficie vendible destinada a áreas de tipo comercial o de servicios. En este tipo de desarrollos se encuentra permitida la construcción de viviendas multifamiliares mientras este no exceda un

veinte por ciento del área vendible. Las vialidades colectoras deben tener un ancho mínimo de dieciocho metros de paramento a paramento y las banquetas un ancho aproximado de dos metros y medio. Las vialidades que son principales tienen que tener un mínimo de ancho de quince metros y las banquetas un aproximado de dos metros, para las vialidades secundarias un ancho mínimo de doce metros y las banquetas de un metro y medio aproximadamente, también como el caso anterior otros de los puntos con que debe contar el desarrollo es que tenga una fuente de agua potable que abastezca todo el desarrollo, desde el punto de almacenamiento donde pueda tener un proceso de cloración hasta la red y cada toma para cada domicilio, un sistema de alcantarillado para el desechamiento de aguas negras provenientes de los domicilios, mismo que tendrá que descargar hacia el colector municipal o en su caso hacia un sistema de tratamiento para este tipo de aguas, un sistema de alcantarillado para las aguas pluviales, guarniciones hechas con concreto hidráulico, banquetas hechas de concreto hidráulico u otro material que tenga una calidad similar, debe también contar con áreas verdes, las vialidades deben tener concreto hidráulico u otro material que tenga la calidad similar a éste dentro del área del arroyo vehicular, así como también la infraestructura necesaria para albergar las redes de alumbrado público, energía eléctrica y líneas telefónicas subterráneas, mobiliario en las áreas verdes y caseta de vigilancia.

c) Desarrollos habitacionales urbanos de tipo interés social, para la clasificación de estos desarrollos deben cumplir con las siguientes características: que la densidad de población se encuentre entre los trescientos uno y los quinientos habitantes por hectárea, que la superficie de los lotes sea mayor de los noventa y seis metros cuadrados y la medida mínima de su frente sea de seis metros, la zona de desarrollo debe tener como máximo un quince por ciento de la superficie vendible destinada a áreas de tipo comercial o de servicios. En este tipo de desarrollos se encuentra permitida la construcción de viviendas multifamiliares mientras este no exceda un cincuenta por ciento del are vendible. Las vialidades colectoras deben tener un ancho mínimo de quince metros de paramento a paramento y las banquetas un ancho aproximado de dos metros. Las vialidades que son principales tienen que tener un mínimo de ancho de doce metros y las banquetas un aproximado de un metro y medio, para las vialidades secundarias un ancho mínimo de diez metros y medio y las banquetas de un metro y veinte centímetros aproximadamente, como el caso anterior otros de los puntos con que debe contar el desarrollo es que tenga una fuente de agua potable que abastezca todo el desarrollo, desde el punto de almacenamiento donde pueda tener un proceso de cloración hasta la red y cada toma para cada domicilio, un sistema de alcantarillado para el desechamiento de aguas negras provenientes de los domicilios, mismo que tendrá que descargar hacia el colector municipal o en su caso hacia un sistema de tratamiento para este tipo de aguas, un sistema de alcantarillado para las aguas pluviales, guarniciones hechas con concreto

hidráulico, banquetas hechas de concreto hidráulico u otro material que tenga una calidad similar, debe también contar con áreas verdes, las vialidades deben tener concreto hidráulico dentro del área del arroyo vehicular, así como también la infraestructura necesaria para albergar las redes de alumbrado público, energía eléctrica y líneas telefónicas subterráneas y mobiliario en las áreas verdes.

- d) Desarrollos habitacionales urbanos de tipo popular, para este caso como el factor económico es limitado y la necesidad por una vivienda es amplia los elementos con que deben contar son por mucho menores a comparación de los desarrollos descritos anteriormente, para este caso el contar solo con una fuente permanente de agua potable y la subsecuente red de distribución y cada toma domiciliaria, el tener un sistema de alcantarillado para el desechamiento de aguas negras provenientes de los domicilios, guarniciones y banquetas de concreto hidráulico , redes de energía eléctrica y alumbrado público, placas de identificación de las calles y señalamiento vial es lo necesario para considerar que este tipo de desarrollos son de esta clasificación aunque estos tipos de fraccionamientos cuentan con autorización para el futuro desarrollo y urbanización progresiva.

1.3.2 Desarrollos habitacionales suburbanos.

Retomando lo dicho en el Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán de Ocampo (2011), también existen desarrollos habitacionales

suburbanos estos tienen la característica que son un poco más alejados de centros de población y se subdividen en dos clasificaciones:

- a) Desarrollos habitacionales suburbanos de tipo campestre, para este tipo de desarrollos los elementos con que debe cumplir son los siguientes: que el frente de la propiedad no sea menor a los treinta metros y la superficie total debe ser mayor de los mil doscientos metros cuadrados, y de estos solo está permitido que se construya en un máximo de cuarenta y cinco por ciento ya que el resto deberá ser destinado a las áreas verdes o espacios abiertos, siendo el aprovechamiento del espacio principalmente para la construcción de viviendas del tipo unifamiliar, la recreación o huertos familiares, las vialidades de este tipo de desarrollos deben cumplir con las características de que sus vialidades principales deben de tener como mínimo un ancho de quince metros y las banquetas un aproximado a los tres metros, para las vialidades secundarias el ancho mínimo debe ser de doce metros y las banquetas de dos metros y medio, estos desarrollos también deben de contar con servicios mínimos necesarios para ser habitables tales como una fuente de abastecimiento de agua potable y la respectiva red para su distribución y la toma hasta cada domicilio, un sistema de alcantarillado para el desecho de aguas negras provenientes de cada domicilio, este tiene que tener descarga hacia el colector del municipio o en algunos casos hacia una planta tratadora para estas aguas, guarniciones y banquetas de concreto hidráulico así como la superficie de los arroyos vehiculares debe estar revestida con concreto hidráulico o

algún material que tenga la calidad similar, debe contar con infraestructura necesaria para el alojamiento de las redes eléctricas y de alumbrado público, áreas verdes, las calles de estos desarrollos deben mostrar placas de identificación y deben de contar con señalamiento vial dependiendo el caso además de una caseta de vigilancia.

- b) Desarrollos habitacionales suburbanos de tipo rústico, como en el caso anterior, este tipo de desarrollos debe contar con características específicas para que se le considere dentro de esta clasificación las cuales son: que el frente de los lotes debe tener un mínimo de treinta y cinco metros y la superficie total de la propiedad debe ser mayor a los tres mil metros cuadrados, el máximo que se puede construir no debe exceder el quince por ciento del total de la superficie, para este caso el aprovechamiento de suelo será enfocado a las actividades agropecuarias, y las vialidades para estos desarrollos deben tener como mínimo en las vialidades principales un ancho de dieciséis metros y las vialidades secundarias deben ser como mínimo de doce metros, para ambos casos las banquetas deben tener aproximadamente dos metros de ancho, una fuente de abastecimiento de agua potable y la respectiva red para su distribución y la toma hasta cada domicilio, un sistema de alcantarillado para el desecho de aguas negras provenientes de cada domicilio, este tiene que tener descarga hacia el colector del municipio o en algunos casos hacia una planta tratadora para estas aguas, guarniciones y banquetas de concreto hidráulico así como la superficie de los arroyos vehiculares debe estar revestida con concreto hidráulico o algún material

que tenga la calidad similar, debe contar con infraestructura necesaria para el alojamiento de las redes eléctricas y de alumbrado público, áreas verdes, las calles de estos desarrollos deben mostrar placas de identificación y deben de contar con señalamiento vial dependiendo el caso además de una caseta de vigilancia.

1.3.3 Desarrollo de fraccionamientos tipo comercial.

Las características de este tipo de desarrollo es que, como su nombre lo dice, la actividad principal en estos desarrollos será el comercio y no podrá usarse para la construcción de viviendas, las características mínimas para estos son las siguientes: que el frente de cada propiedad debe tener como un mínimo de tres metros y medio y una superficie mayor de treinta metros cuadrados, deberán contar con una red de agua potable y alcantarillado tanto sanitario como pluvial, la infraestructura necesaria para albergar de manera subterránea líneas de energía eléctrica y alumbrado público, también deben de tener guarniciones y banquetas de concreto hidráulico, para este caso la superficie del arroyo vehicular debe estar revestida con pavimento asfáltico, en las vialidades colectoras será indispensable que cuente con espacios específicos para los paraderos de transporte público, la distribución debe estar hecha por zonas dependiendo el giro comercial, se debe contar con espacios de estacionamiento de vehículos, hidrantes contra incendios y caseta de vigilancia.

1.3.4 Desarrollo de fraccionamientos de tipo industrial.

Tal como el caso anterior, en este tipo de fraccionamientos la construcción de viviendas está prohibida ya que son desarrollos creados específicamente para

actividades industriales, las características con que cuentan son que el frente de las propiedades debe tener como mínimo un ancho de veinte metros y la superficie total del lote debe ser mayor a los mil metros cuadrados, en ese tipo de desarrollos solo se puede destinar un diez por ciento de la superficie vendible a áreas comerciales, las vialidades colectoras deben tener como mínimo un ancho de treinta y dos metros y estas deben tener espacios específicos para los paraderos del transporte público, las vialidades primarias deben tener como mínimo un ancho de veintitrés metros y las secundarias un ancho mínimo de diecinueve metros, como en todos los casos anteriores es indispensable que cuenten con una fuente de abastecimiento de agua potable y la red necesaria para su distribución a todo el fraccionamiento, la red de alcantarillado para la conducción tanto de aguas negras como pluviales, la infraestructura necesaria para la distribución de energía eléctrica misma que debe ser de tipo industrial, alumbrado público, ductos para las redes de telefonía, el pavimento en las calles y la banquetas y guarniciones debe ser de concreto hidráulico o algún otro que tenga una calidad similar y éste debe ser capaz de resistir el tráfico pesado al que será sometido, hidrantes contra incendios, placas de nomenclatura para la identificación de las calles y todo el señalamiento vial necesario para brindar seguridad así como una caseta de vigilancia.

1.4. Concepto de vialidades urbanas.

En el art. 7 del Reglamento de Construcción del Distrito Federal se dice que "Vía pública es todo espacio de uso común que por disposición de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, se encuentra destinado al libre tránsito, de

conformidad con la Ley y reglamentos de la materia, así como todo inmueble que de hecho se destine para ese fin.” (Arnal y Betancourt; 2005: 21)

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

1.4.1 Antecedentes de las vialidades urbanas

De acuerdo con lo establecido en el Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras (1986), en los últimos 30 años se ha acelerado el desarrollo del sistema vial y la necesidad del uso de autotransporte se ha traducido en un incremento considerable de los viajes por calles y carreteras, al tal grado que se ha tenido que depender de dispositivos de control de tránsito para la protección e información. Es tan grande tal dependencia que es indispensable el uso de dispositivos para obtener el máximo rendimiento de cualquier camino ya sea para grandes autopistas tanto para caminos viales. Esta necesidad de dispositivos uniformes es importante tanto en esfera nacional como internacional.

1.4.2. Clasificación de las Vialidades urbanas.

Considerando lo dicho en el Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán de Ocampo (2011), existen varios tipos de vialidades urbanas y a éstas se les clasifica en tres categorías dependiendo la función que éstas tengan dentro del desarrollo las cuales son vialidades colectoras, vialidades primarias y vialidades secundarias.

1.4.2.1 Vialidades colectoras.

“Son las destinadas para interconectar las diversas zonas de un centro de población en forma fluida y con el menor número de obstrucciones”. (Código de desarrollo urbano del estado de Michoacán de Ocampo; 2011; Art. 302.)

1.4.2.2 Vialidades principales.

“Son aquellas destinadas a conducir el tránsito de las calles locales hacia otras zonas del desarrollo o del centro de la población, o hacia las vialidades colectoras”. (Código de desarrollo urbano del estado de Michoacán de Ocampo; 2011; Art. 302.)

1.4.2.3 Vialidades Secundarias.

“Son aquellas destinadas principalmente a dar acceso a los lotes, viviendas, departamentos, locales o unidades de un desarrollo o desarrollo en condominio”. (Código de desarrollo urbano del estado de Michoacán de Ocampo; 2011; Art. 302.)

1.5 Importancia de la topografía para un desarrollo urbano.

De acuerdo con Reyes y Hernández (2009), el conocimiento del entorno de manera cualitativa y cuantitativa en que se desarrolla el hombre ha sido de vital importancia ya que éste necesita tener conocimiento de los recursos que lo rodean. En la antigüedad este tipo de conocimiento era muy limitado ya que los recursos naturales explotables eran suficientes para la poca población que existía, pero en fechas más recientes esta relación entre recursos y población se ha invertido teniendo como consecuencia que este tipo de información sea más amplia y

específica para dar con ello un mejor acomodo aprovechamiento de los recursos naturales puesto que la población sigue en crecimiento.

1.5.1 Definición de topografía.

Tomando en cuenta lo dicho por Montes de Oca (1989), la topografía es una ciencia que estudia una serie de procedimientos para determinar las características físicas de una superficie, esto lo hace a través de la localización de puntos representativos de dicha superficie en los tres elementos de espacio, los cuales se pueden obtener mediante la combinación de dos distancias y una elevación o una distancia una elevación y una dirección. Al resultado de estas medidas o representaciones de espacio en México se le conoce como levantamiento. Estos levantamientos se clasifican dependiendo sus características en levantamientos topográficos y levantamientos geodésicos.

1.5.1.1 Levantamientos topográficos.

Son aquellos levantamientos que se realizan en superficies pequeñas y por este motivo la curvatura de la tierra no se toma en cuenta, ya que dicho factor no influirá en los resultados o propiciara un error, estos a su vez tienen una división o clasificación dependiendo el objeto del levantamiento.

- a) Levantamiento para terrenos en general. Este tipo de levantamientos tienen como objeto el delimitar los linderos de una propiedad o en su caso localizarlos si es que ya se cuenta con un levantamiento anterior, así como también dividir o medir dichas superficies del terreno en cuestión o proyectar la construcción de obras que se pretendan realizar.

- b) Levantamiento topográfico para vías de comunicación. La realización de este tipo de levantamiento tiene como objetivo el realizar el trazo de las distintas vías de comunicación tales como caminos o vías férreas así como también las posibles rutas de acceso para distribución de servicios, casos como el de líneas de transmisión de energía, canales de agua y acueductos.
- c) Levantamiento topográfico en minas. Estos tienen como objeto el fijar y a su vez controlar los trabajos que se realizan bajo tierra para así relacionarlos con los posibles trabajos que se hagan por encima de ella.
- d) Levantamientos aéreos. Aunque en la actualidad este tipo de levantamientos son más escasos debido a las nuevas tecnologías tales como satélites es conveniente mencionarlos y son los que se hacen a través de fotografías tomadas desde aviones.
- e) Levantamientos catastrales. Este tipo de levantamientos son los que se realizan dentro de las ciudades y zonas urbanas y sirven para fijar los linderos o como estudio de las obras urbanas.

1.5.1.2 Levantamientos Geodésicos.

Los levantamientos de esta naturaleza son aquellos que abarcan grandes extensiones de superficie y por tal motivo es necesario el tomar en cuenta la curvatura de la tierra para eliminar el margen de error que esta variación pueda causar.

1.5.2. Métodos para la obtención de un levantamiento topográfico.

Como anteriormente se mencionó, la topografía se basa en la ubicación de puntos que sirvan de referencia para la obtención de las características de una superficie. Para tal motivo, ésta se basa en dos ramas fundamentales las cuales son la Planimetría y la Altimetría, que se encargan de determinar dichos puntos de manera individual de forma que la planimetría es de donde se obtendrá la representación de los detalles de una superficie de manera horizontal mientras que la altimetría dará a conocer los detalles de dicha superficie pero en un plano vertical. El método para la obtención de dichas características se basa en lo siguiente.

1.5.2.1 Poligonación.

Retomando lo dicho por Reyes y Hernández (2009), este tipo de método es un tipo de posicionamiento horizontal que ha tomado una gran importancia en la actualidad ya que tiene un gran índice de precisión, y a su vez, es más fácil gracias a los aparatos electrónicos con que se cuenta hoy en día, este método se basa en la medición de líneas rectas consecutivas por medio de un aparato electrónico que calcula la distancia y la dirección de la línea formando vértices y dicha medición debe realizarse en campo.

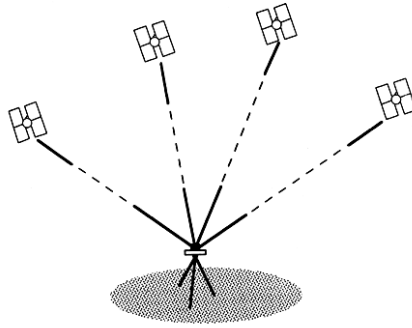


Figura1.1. Toma de lecturas en una Poligonación.

Fuente: www.fao.org (2014)

Existen tres tipos de poligonales las hay cerradas, abiertas geoméricamente pero no analíticamente y abiertas tanto geométrica como analíticamente.

- a) Poligonales cerradas. Se les llama así a este tipo de poligonales porque son las que terminan en el mismo sitio donde inician, lo que forma un polígono tanto geométrica como analíticamente.

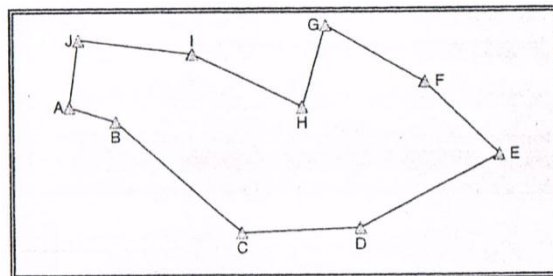


Figura 1.2. Poligonal Cerrada.

Fuente: Reyes y Hernández; 2009; 116.

- b) Poligonal abierta geoméricamente pero cerrada analíticamente, Este tipo de poligonales tiene la característica que su inicio es un punto o vértice que forma parte de un lado de control conocido, y donde termina es otro punto diferente aunque con estas mismas características.

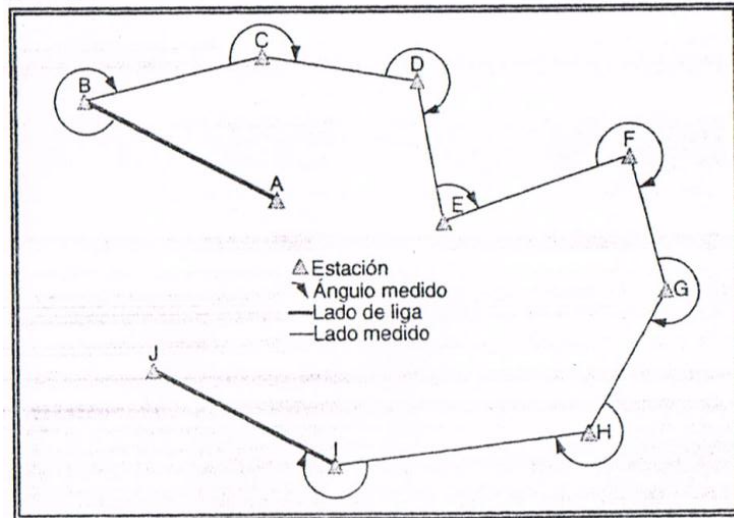


Figura 1.3. Poligonal abierta geoméricamente pero cerrada analíticamente.
Fuente: Reyes y Hernández; 2009; 116.

- c) Por último, están las Poligonales abiertas tanto geométrica como analíticamente, éstas tienen como característica que son una serie de líneas tomadas sin punto de control o referencia por lo que este tipo de poligonales no son muy recomendables porque no hay forma de saber si son correctas, la única manera posible es a través de controles azimutales que se efectúan por medio de orientaciones astronómicas, por tal motivo no son recomendables.

1.5.2.2 Nivelación.

La nivelación es el método por el cual la altimetría puede determinar las elevaciones de ciertos puntos en una superficie dando con ello una idea más definida y detallada de las condiciones de un terreno, es necesario señalar que todo trabajo de nivelación debe estar referenciado con marcas fijas que son llamadas bancos de nivel (BN), esto para el caso de tener que realizar alguna corrección sea posible empatar la nueva medida con el levantamiento previo. Existen dos maneras de hacer

la nivelación, una es la nivelación diferencial y la otra es la nivelación trigonométrica y sus características son las siguientes:

- a) Nivelación Diferencial. Este procedimiento de nivelación consiste en determinar el desnivel que existe entre dos puntos tomando como referencia uno de ellos y registrando las variaciones de nivel entre ellos, como pocas veces los bancos de referencia son cercanos uno del otro se recurre a puntos intermedios para ligar dichas variaciones de elevación, estos puntos de los conoce comúnmente como puntos de liga (PL).

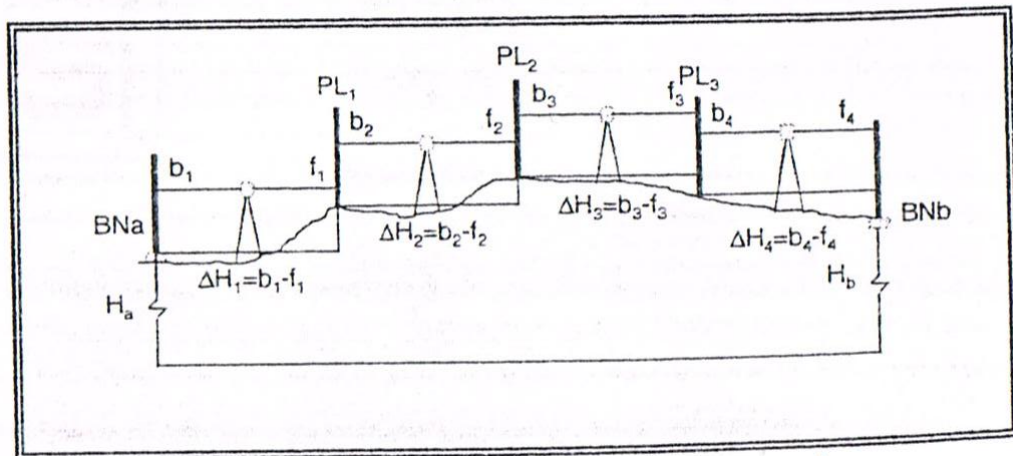


Figura 1.4. Nivelación Diferencial.
Fuente: Fuente: Reyes y Hernández; 2009; 187.

Este tipo de nivelaciones son comúnmente usados para la nivelación de perfiles, como es el caso cuando se quiere obtener un eje de proyecto por ejemplo el trazo de una vialidad, otra de las variantes es para la nivelación de un terreno, o en su caso, una zona particular de dicho terreno.

- b) La nivelación trigonométrica; Para esta clase de nivelación las medidas que se toman son los ángulos verticales y las distancias horizontales o inclinadas.

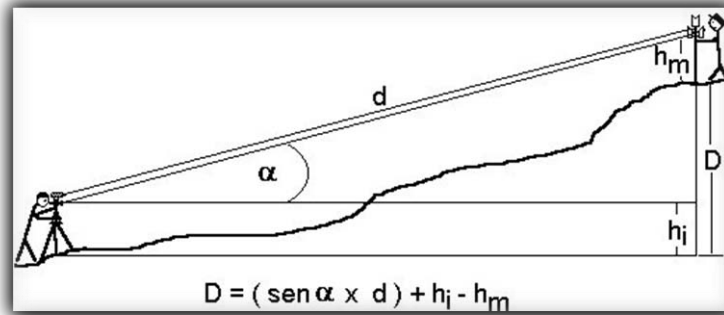


Figura 1.5. Nivelación Trigonométrica.
Fuente: www.wikipedia.org (2014).

Estos ángulos se pueden medir tomando como referencia el horizonte, o el cenit, siendo los más precisos los segundos, para después resolver de manera trigonométrica la incógnita o desnivel.

1.6. Importancia de la mecánica de suelos para el diseño de un pavimento.

El estudio de la mecánica de suelos es de gran importancia, ya que para la selección y el diseño de un pavimento es necesario conocer las propiedades físico-mecánicas del suelo puesto que con esto se determinará la mejor elección del tipo de pavimento y se podrá calcular de manera correcta el diseño de dicho pavimento logrando con esto que el comportamiento sea el adecuado y el previsto para la estructura.

1.6.1 Definición de suelo.

Según lo dicho por Badillo y Rico (2002), los suelos pueden tener varias definiciones de acuerdo a la perspectiva desde donde sea vista, ya que el suelo puede ser visto desde el punto de vista Agrónomo, Geológico o Civil, si es visto

desde un punto de vista agrónomo el suelo será aquella parte superficial de la corteza donde es posible que la vida vegetal se sustente, por otro lado, los geólogos tomarán como acertada la idea de que el suelo es todo aquel material que se encuentra intemperizado en el preciso lugar donde se encuentra y que contiene material orgánico cerca de la superficie, y para lo que concierne a la Ingeniería Civil y por tanto a este trabajo el suelo será “La palabra suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. 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 del suelo, que debe como parte integral del mismo” (Badillo y Rico; 2002:34). Y estos suelos aunque se cree que son una mezcla desorganizada de materia orgánica e inorgánica son por el contrario una organización muy definida que tienen variaciones tanto vertical como horizontalmente aunque son más rápidos los cambios que sufren en la dirección vertical respecto a la otra.

1.6.2 Factores generadores del suelo.

La formación de los suelos se da debido a que la corteza terrestre está permanentemente bajo el ataque de los factores climatológicos e intemperismo que llevan la desintegración de suelos para la formación de nuevos, existen dos maneras en que estos factores influyen en esta desintegración, los cuales son los factores de desintegración mecánica, tales como son los provocados por la congelación del agua que cuando entra en las grietas de las rocas y se congela por cambios de

temperatura esta actúa como una cuña, logrando así la desintegración de rocas, los cambios de temperatura tienen efectos sobre las rocas debido a que la variación de estas hacen que las rocas tengan oscilaciones volumétricas que las llevan a la fractura, otro factor importante son los organismos vivos que puedan albergar tales como las raíces o animales, los efectos abrasivos que producen las lluvias, ríos o las ráfagas de viento, movimientos telúricos y por último los efectos de la gravedad, estos pueden verse en los derrumbes, todos estos factores de formación de suelo solo alteran la forma física del mismo mientras que existen los factores químicos que hacen que los suelos cambien de forma química descomponiéndolos, la descomposición química ocurre en presencia del agua y otras sustancias naturales, esto da lugar a la formación de suelos finos, las reacciones que se presentan son principalmente cuando hay una interacción entre los minerales de las rocas que reaccionan con el ácido carbónico producido por el agua y con el bióxido de carbono natural del aire.

1.6.3. Tipos de Suelos.

De acuerdo con Arias (2007), los suelos se clasifican en dos: los suelos residuales y los suelos transportados, donde los suelos residuales son aquellos que se mantienen en el sitio donde fueron formados, este tipo de suelos tiene la característica de ser muy buenos para resistir una cimentación superficial. “Los suelos residuales provocados por alteraciones sobre las rocas en un grado avanzado de intemperismo dan origen a un suelo residual maduro sobre el cual se observan cuatro horizontes o capas. La lluvia cae sobre la roca original lavando y disolviendo materiales que forman el horizonte A; el material así lavado penetra por los huecos

sobre la roca formando el horizonte B. El horizonte C se forma por roca alterada y finalmente el horizonte D en la roca madre original” (Arias; 2007:2). Mientras que el otro tipo de suelos son los transportados los cuales están formado básicamente por los productos de la alteración de las rocas que fueron removidos y depositados en otra parte sirviendo como principales vehículos de transporte el agua y el viento en gran medida, o también los glaciares y la gravedad, dependiendo la forma en que estos suelos hayan sido transportados pueden clasificarse en suelos aluviales, como su nombre hace referencia estos suelos fueron transportados por el agua de precipitación cuyo cauce arrastró parte de la materia fina y gruesa arrastrándola hasta otro punto , los suelos lacustres, estos tipos de suelos son los que se forman cuando la corriente de un río pierde velocidad y los finos que se encontraban suspendidos comienzan a precipitarse, para este caso un claro ejemplo sería el de la entrada de un río a un lago, los suelos eólicos son aquellos que fueron transportados por la fuerza del viento, un ejemplo para este tipo de suelos son las dunas, y por último se tienen los suelos de pie de monte, estos suelos son formados por la acción directa de la gravedad y su diversificación de materia es de una amplia gama ya que este tipo de suelos puede contener fragmentos de roca, finos como arcillas o limos, gravas, arenas y en casos hasta materia orgánica haciéndolos heterogéneos.

1.6.4. Fases de los suelos.

De acuerdo con lo dicho por Badillo y Rico (2002), dentro de la estructura de los suelos resaltan tres fases; la fase sólida, la fase líquida y la fase gaseosa, La fase sólida es la que está formada por las partículas de minerales del suelo, mientras que la fase líquida es la que está compuesta por el agua u otros líquidos que pueda

contener el suelo y la fase gaseosa es la que se encuentra compuesta en su mayor parte por el aire ya que también puede tener en menor medida vapores como los sulfurosos, anhídridos carbónicos entre otros.

El volumen de vacíos en un suelo es aquel que está comprendido por la fase líquida y gaseosa, por otra parte el volumen sólido es aquel que está conformado como su propio nombre indica por la fase sólida del suelo. Un suelo que se dice que está saturado es aquel que presenta la característica que todos sus vacíos se encuentran ocupados por líquido, un ejemplo de estos suelos sería aquellos que se encuentran por debajo del nivel freático.

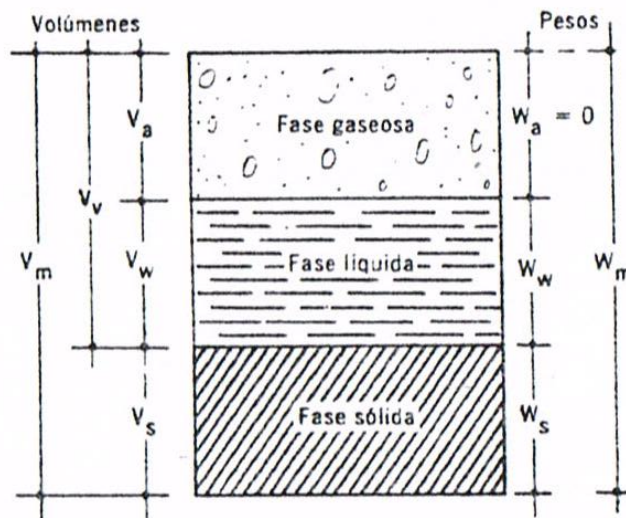


Figura 1.6. Esquema de una muestra de suelo para indicación de símbolos usados.

Fuente: Badillo y Rico; 2002: 52.

En donde:

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

V_s = Volumen de la fase solida de la muestra (Volumen de solidos).

V_v = Volumen de los vacíos contenidos en la muestra (Volumen de vacíos).

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

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

W_m = Peso Total de la muestra (Peso de la masa).

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

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

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

En la figura anterior se muestra de manera más simple la relación que existe entre las fases que conforman los suelos y con esto establecer las más importantes relaciones fundamentales para las propiedades de estos en lo que a mecánica de suelos se refiere, tales relaciones son las siguientes:

- a) Relación de vacíos o índice de poros esta relación es la que existen entre el volumen de vacíos y el volumen de los sólidos en una muestra de suelos, dicha relación es representada con el símbolo e .

- b) Porosidad; esta relación también es la que existe entre el volumen de vacíos y el volumen de la masa, aunque esta esta expresada generalmente en porcentaje n (%).

- c) El grado de saturación, se denomina a esta relación a la que existe entre el volumen de agua con el volumen de vacíos, esta relación también es expresada en porcentaje, G_w (%).

- d) Contenido de agua, esta relación es mayormente conocido como humedad del suelo y es a que se establece entre el peso de agua contenida en la muestra y el peso de la fase sólida, w (%).

1.6.5. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Debido a la gran cantidad de suelos que existen en la naturaleza se vio la necesidad de crear una clasificación para denominar los tipos de suelos, el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos o SUCS tiene sus bases en el Sistema de Clasificación de Aeropuertos, que fue propuesto por el Dr. Arturo Casagrande en el año de 1942 en la universidad de Harvard y que en ese entonces estaba orientado hacia las obras aeroportuarias.

Este sistema es el más utilizado en el mundo por no decir que es el único, ya que la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) en la Norma MMP-1-02/03, se establece que la clasificación de los suelos debe hacerse con este sistema. Y de acuerdo con esta norma los suelos son clasificados en dos secciones, los

suelos gruesos cuando sus partículas se encuentran entre los 76.2mm (3") y más del cincuenta por ciento de sus partículas tienen un tamaño mayor a 0.075 mm (Malla No. 200) y a su vez esta sección de suelos gruesos se subdivide en las gravas y las arenas la cual tiene como frontera los 4.76mm (Malla No. 4), por otro lado los suelos finos cuando son aquellos que más del cincuenta por ciento es inferior a 0.075mm (Malla No.200) y tal como la fracción gruesa se subdivide en varios tipos, para esta subdivisión se toma en cuenta principalmente la plasticidad que estas partículas presenten, ya que las partículas finas cuyo origen no sea volcánico presentan límites líquidos menores al cien por ciento, esta valor sirve como frontera para dividir a este tipo de suelos en dos grupos, los que tienen baja compresibilidad y los que tienen alta compresibilidad.

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 ¹⁰	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	GW
				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 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)	Areña 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 ¹⁰	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	SW
				Areña 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)		Areña 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	
		Areña arcillosa; mezclas de arena, grava 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)	SC		
	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	
				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	
			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 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		
			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		
			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 _i			

Tabla 1.1. Clasificación de suelos con base al SUCS.

Fuente: Norma SCT M-MMP-1-01/03; 2003: 4.

1.6.6 Pruebas de laboratorio.

De entre las muchas pruebas de laboratorio que existen para examinar la calidad de materiales, las que refieren al presente trabajo se enfocarán a las que tienen relación con la conformación de pavimentos, en lo particular a la calidad del terreno donde se pretende realizar la estructura, en la actualidad la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) tiene una normatividad para este proceso.

1.6.6.1 Muestreo de los materiales.

Tomando en cuenta lo dicho en la Normativa de la SCT, y particularmente la Norma M-MMP-1-01/03, nos dice que el muestreo es la obtención de material que sea representativo de la zona de estudio, este tipo de muestras se clasifican en tres tipos, y que deberán ser tomadas dependiendo el tipo de pruebas que se pretendan hacer, las muestras inalteradas las cuales son aquellas donde el material obtenido se conserva en las condiciones tanto de estructura como de humedad, las muestras alteradas o representativas que son aquellas donde el material esta disgregado para este tipo de muestras el factor de la estructura no es tan importante más sin embargo se debe cuidar el factor de las condiciones de humedad, y por ultimo están las muestras integrales, estas están constituidas básicamente por el material fragmentado que contienen varios estratos o solo uno, en las que queda representado el material que lo forma.

La norma de la SCT, proporciona una tabla donde se muestra la relación y cantidad de muestras dependiendo del propósito de uso para cada tipo de muestreo.

Propósito del muestreo	Tipo y número	Tamaño de las muestras parciales kg
Determinar la estratigrafía y propiedades del subsuelo a lo largo del trazo de una obra o seleccionar los préstamos y bancos para terracerías	Una muestra representativa de cada estrato en cada pozo a cielo abierto o frente abierto de material	4
	Una muestra integral por cada pozo a cielo abierto y por cada 150 m ³ de material aprovechable	50
	Dos muestras integrales de cada frente abierto de material	20
	Una muestra cúbica inalterada por cada estrato de suelo fino típico, para determinar sus propiedades mecánicas. El número será definido por el responsable del estudio	[3]
Estudio de almacenamientos	Una muestra integral por cada 1 000 m ³ de material homogéneo	20
Control de calidad	Una muestra integral por cada 300 m ³ de material que se utilice para terraplén o subyacente y por cada 200 m ³ para subrasante	10
	Una muestra integral por cada 1 000 m ³ de material que se utilice para terraplén, por cada 800 m ³ para subyacente y por cada 500 m ³ para subrasante	50

Tabla 1.2. Número y tamaño de las muestras.

Fuente: Norma M-MMP-1-01/03; 2003: 4.

1.6.6.2. Granulometría.

Haciendo mención en lo dicho en la normatividad de la SCT, en el caso específico de la Norma M-MMP-1-06/03, marca un procedimiento para conocer la composición de los tamaños de las partículas que integran una muestra de material, la cual puede ser del terreno natural o de la estructura de un pavimento, este procedimiento se hace mediante el paso del material por una serie de mallas que tienen diferentes aperturas, las cuales están acomodadas desde la mayor hasta la menor, con esto se logra que el material se valla deteniendo en las mallas según el

tamaño de partículas que contenga para con esto poder calcular el porcentaje que se retiene como el que va pasando.

Las características de las mallas así como el orden en que estas se ponen para hacer dicha prueba es el siguiente:

Unidades en mm

Fracción	Malla		Variación permisible de la abertura promedio con respecto a la denominación de la malla	Abertura máxima permisible para no más del 5% de las aberturas de la malla	Abertura máxima individual permisible	Diámetro nominal del alambre
	Designación	Abertura nominal				
Grava	3"	75,0	± 2,2	78,1	78,7	5,80
	2"	50,0	± 1,5	52,1	52,6	5,05
	1½"	37,5	± 1,1	39,1	39,5	4,59
	1"	25,0	± 0,8	26,1	26,4	3,80
	¾"	19,0	± 0,6	19,9	20,1	3,30
	½"	12,5	± 0,39	13,10	13,31	2,67
	¾"	9,5	± 0,30	9,97	10,16	2,27
	¼"	6,3	± 0,20	6,64	6,78	1,82
Arena con finos	N°4	4,75	± 0,15	5,02	5,14	1,54
	N°10	2,0	± 0,070	2,135	2,215	0,900
	N°20	0,850	± 0,035	0,925	0,970	0,510
	N°40	0,425	± 0,019	0,471	0,502	0,290
	N°60	0,250	± 0,012	0,283	0,306	0,180
	N°100	0,150	± 0,008	0,174	0,192	0,110
N°200	0,075	± 0,005	0,091	0,103	0,053	

Tabla 1.3. Juego de mallas.

Fuente: Norma M-MMP-1-06/03; 2003:2.

Realizando esta prueba se podrá clasificar los suelos gruesos que contengan en su granulometría un porcentaje menor al cinco por ciento de finos, ya que mediante la gráfica que se obtenga de este estudio se podrán determinar tanto el coeficiente de uniformidad (Cu) como el coeficiente de curvatura (Cc), necesarios para saber si el tipo de suelo grueso es uno bien graduado o mal graduado.

1.6.6.3 Límites de consistencia de los suelos.

Retomando lo dicho en las normas de la SCT en este caso la Norma M-MMP-1-07/03, la aplicación de esta prueba a los materiales nos permite conocer las características de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla No. 4, esta prueba consiste en determinar los valores tanto del límite líquido, que representa el contenido de agua cuando un suelo plástico adquiere una resistencia al corte de 2.45kPa (25 gr/cm²), dicho valor representa la frontera entre los estados del suelo semilíquido y plástico, y también se determina los valores del límite plástico o contenido de agua para el cual un rollito de material de aproximadamente 3 mm se rompe, prueba que se considera para este caso los límites entre los estados plástico y semisólido, realizando el cálculo se puede definir el índice de plasticidad del suelo.

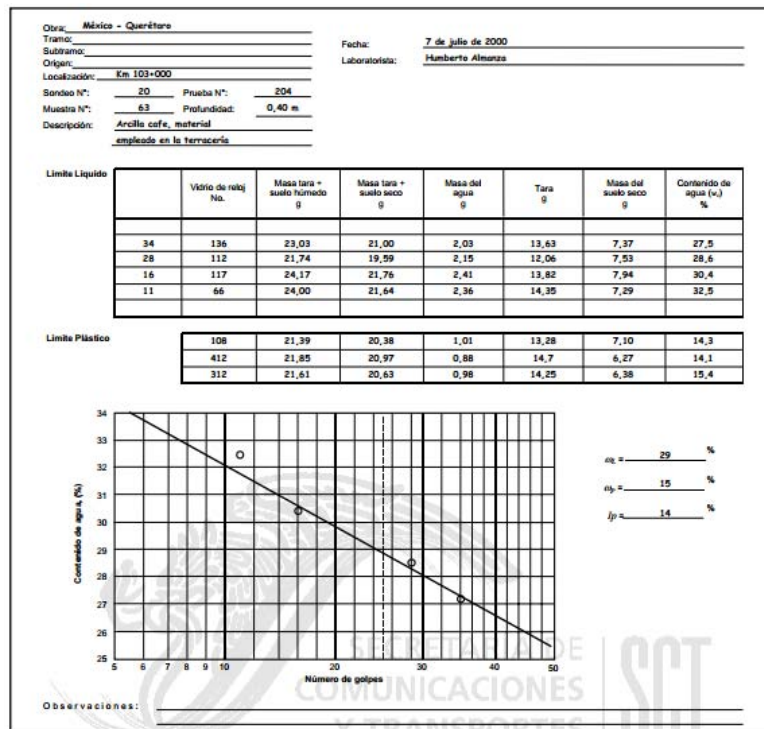


Tabla 1.4. Determinación de los límites de plasticidad

Fuente: Norma M-MMP-1-07/03; 2003; 6.

CAPÍTULO 2

PAVIMENTACIÓN

En el presente capítulo se hablará como el nombre del capítulo indica de los pavimentos, iniciando por definir que es un pavimento, como se clasifican así como como las características principales de cada uno de ellos para utilizarlos de una manera correcta de acuerdo al tipo de terreno en el que se quieran utilizar. Se mencionarán métodos para la conservación de pavimentos o restauración de ellos para darle un uso adecuado y una vida útil duradera.

2.1 Definición de Pavimento.

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

O bien, partiendo de lo dicho por Rico y Del Castillo (1994), un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales debidamente apropiados, comprendidas entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, con color y textura apropiados, resistente a la acción de tránsito, a la del intemperismo y entre muchos otros agentes perjudiciales, así como

transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

2.2 Clasificación de los pavimentos.

De acuerdo con 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. Por otro lado, 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.

2.3. Capas que conforman la estructura de un pavimento flexible.

De acuerdo a lo mencionado por los autores Badillo y Rodríguez (2004), los pavimentos flexibles se componen por distintas capas las cuales cumplen una función específica dentro de la estructura de este tipo de pavimentos, dichas capas y su función son las siguientes:

- a) Sub-base: Para la mayoría de las personas, una de las principales funciones que tienen esta capa en un pavimento flexible es de carácter económico, puesto que se trata de formar un espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Se sabe que todo el espesor podría ser construido con un material de la mejor calidad, como el usado en la base, pero es recomendable hacer aquella más delgada y sustituirla en parte por una sub-base de menor calidad, aun cuando esto traiga consigo un aumento en el espesor total del pavimento, pues cuanto menor sea la calidad del materia colocado será mayor el espesor necesario para soportar los esfuerzos transmitidos.
- b) Base: Hasta cierto punto existe en la base una función económica a la discutida para el caso de la sub-base, ya que permite reducir el espesor de la carpeta, más costosa, pero la función principal de la base de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito. La base en la mayoría de los casos tiene también que drenar el agua que se logre introducir a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como impedir la ascensión capilar.
- c) Carpeta: la carpeta debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada y eficaz, con textura y color adecuado y resistir los efectos del tránsito. Hasta

donde sea posible debe impedir el paso del agua al interior del pavimento para evitar cualquier deformación.

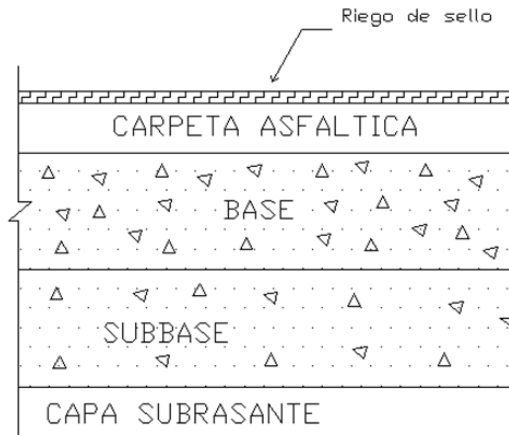


Figura 2.1 Capas que Forman en general un pavimento flexible.
Fuente: Olivera; 2006: 18.

2.4. Asfaltos.

Partiendo de lo dicho por Crespo (1996), los asfaltos son componentes conformados de muchos petróleos en los cuales se encuentran disueltos, y su historia data de hace más de 5 mil años debido a que las recientes excavaciones arqueológicas muestran que 3200 a 540 años antes de Cristo se utilizó mucho el asfalto en Mesopotamia empleado como cemento para ligar mamposterías, así como también usada como capa impermeabilizante en los baños de los templos y tanques de agua. Posteriormente se tiene que 300 años antes de Cristo el asfalto es empleado en la momificación.

2.4.1. Clasificación de los Asfaltos.

Hoy en día los asfaltos que se emplean provienen de la refinación del petróleo, en dicho proceso de refinación se producen una gran variedad de productos desde los asfaltos que son tan duros y quebradizos hasta los que son tan fluidos como lo es el agua. Aquellos asfaltos que tienen una consistencia semisólida se les conoce como cemento asfáltico, este material es base ya que combinado con diferentes destilados volátiles del petróleo, o emulsificándolo con agua se logra obtener los conocidos productos asfálticos los cuales tienen la característica de obtener un alto valor cementante al usarse.

aceites de volatilización lenta	kerosina	gasolina	agua
cemento asfáltico	cemento asfáltico	cemento asfáltico	emulsor
asfáltos de fraguado lento	asfáltos de fraguado medio	asfáltos de fraguado rápido	emulsión asfáltica

Tabla 2.1. Tipos de productos asfálticos líquidos.

Fuente: Crespo; 1996: 234.

Los asfaltos que fueron mostrados en la tabla 2.1 son pertenecientes al grupo de los tres primeros asfaltos rebajados, pero además de estos existen otros tipos de asfaltos como son los siguientes:

- a) Asfalto natural; Este tipo de asfalto es el que se obtiene por un proceso natural de evaporación y/o destilación, dicho proceso inicia cuando el petróleo crudo asciende por medio de las grietas que existen hasta llegar a la superficie de la tierra, ya allí la acción que ejerce de manera conjunta el sol y el aire logra

separar los aceites ligeros y los gases dejando en el fondo un residuo que es el asfalto.

- b) Asfalto de lago; Este tipo de asfalto también se encuentra de manera natural en la superficie, pero en depresiones de la tierra.
- c) Roca asfáltica; Este tipo de asfalto es aquel formado por una roca natural porosa que está impregnada hasta cierto grado por asfalto.
- d) Gilsonita; Este tipo de asfaltos como los anteriores es natural, la característica de este tipo de asfalto es que es duro y quebradizo, se le puede encontrar en hendiduras de las roca.
- e) Asfalto refinado con vapor; Es aquel que como su nombre lo dice es refinado en presencia del vapor durante se somete al proceso de destilación.
- f) Asfalto oxidado o soplado; Es un asfalto que ha sufrido modificaciones en alguna de sus características, esto logrado mediante la inyección de aire que está a una temperatura elevada durante el proceso de destilación.
- g) Asfalto refinado; Se le nombra así a cualquier tipo de asfalto que llevo un proceso de refinación.
- h) Cemento asfáltico; Este tipo de asfaltos son aquellos obtenidos mediante un proceso de destilación al vapor de los residuos más pesados del proceso de fraccionación.
- i) Asfalto pulverizado; Es aquel asfalto duro que ha sido triturado hasta convertirlo en un polvo.
- j) Mastique asfáltico; Es una mezcla de cemento asfáltico y material mineral que al ser calentado se convierte en una masa de consistencia espesa, cuya

fluidez es muy lenta al grado que puede ser acomodado y compactado con una cuchara de albañil.

2.5. Carpetas asfálticas.

Tomando en cuenta 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.

En este caso en particular, la granulometría es de vital importancia, y debe satisfacer las normas correspondientes, debido a que los materiales pétreos deben cubrirse en su totalidad con el asfalto ya que si la granulometría cambia, también cambiará la superficie por cubrir.

2.5.1 Materiales pétreos utilizados para la formación de una carpeta asfáltica.

Retomando lo dicho por Crespo (1996), existen varias características que los materiales pétreos deben cumplir para la elaboración de la carpeta asfáltica, la forma en que comúnmente se emplea el asfalto es mezclándolo con un agregado pétreo que tenga características conocidas. Pero no cualquier tipo de agregado pétreo puede emplearse adecuadamente para formar la carpeta asfáltica. De ahí que es necesario conocer las características físicas de dichos agregados para saber si

funcionará de manera adecuada o no, éstas son las características que deben cumplir:

- a) No deben emplearse agregados pétreos que presenten más del treinta y cinco por ciento en peso, de fragmentos que tengan forma de lascas o que tengan marcada tendencia a romper en forma de lascas cuando se les tritura.
- b) No deben utilizarse agregados pétreos que contengan materia orgánica en forma perjudicial o arcilla en grumos.
- c) Los agregados pétreos no deben tener más del veinte por ciento de fragmentos suaves.
- d) Los agregados pétreos deben utilizarse por recomendación secos o cuando mucho con una humedad igual a la de absorción de ese material.
- e) El tamaño máximo del agregado pétreo no deberá ser mayor que las 2/3 partes del espesor de la carpeta diseñada.
- f) Deberá tener suficiente resistencia para soportar, sin dañarse o romperse, las cargas del equipo de compactación.
- g) La porción que pase la malla No. 40 no debe tener una contracción lineal mayor de tres para materiales que, en mezclas en el lugar, su granulometría caiga en la zona número uno, y el dos por ciento si cae en la zona número dos. Para los concretos asfálticos la contracción lineal debe ser igual o menor a dos por ciento.
- h) La absorción del material pétreo no debe ser mayor de cinco por ciento.
- i) La densidad aparente del material pétreo no debe ser menor de dos punto tres por ciento.

j) El material pétreo debe tener buena adherencia con el asfalto, satisfaciendo una de las especificaciones siguientes:

1.- Desprendimiento máximo por fricción, dos punto cinco por ciento.

2.- Cubrimiento máximo con asfalto inglés, noventa por ciento.

3.- Pérdida máxima de estabilidad, por inmersión en agua, veinticinco por ciento.

4.- El material pétreo debe resistir la prueba de intemperismo acelerado.

2.6. Tipos de fallas en los pavimentos flexibles.

De acuerdo con Rico y Del Castillo (1994), la mayor parte de la tecnología que el ingeniero de pavimentos ha ido desarrollando ha sido evitar la aparición de deterioros y fallas que con el paso del tiempo se han ido tipificando y describiendo con el mayor detalle posible, con esto se ha logrado ir estableciendo una relación causa-efecto, que permite desarrollar un conjunto de normas de criterio de proyecto y conservación. Las fallas de los pavimentos pueden posiblemente dividirse en tres grupos:

2.6.1 Fallas por insuficiencia estructural.

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

2.6.2 Fallas por defectos constructivos.

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

2.6.3 Fallas por fatiga.

Son aquellos pavimentos que originalmente estuvieron quizá en condiciones favorables, pero que por la continua repetición de las cargas del tránsito sufrieron efectos de fatiga, degradación estructural y pérdida de resistencia y deformación acumulada. Como quiera que estos fenómenos estén asociados al número de repeticiones de la carga, las fallas de fatiga resultan claramente influidas por el tiempo en el que han estado en servicio. Son fallas típicas de un pavimento que durante mucho tiempo trabajó sin problema alguno.

2.7. Capas que conforman la estructura de un pavimento rígido.

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

Los factores que afectan el espesor de la losa son principalmente el nivel de carga que han de soportar, las presiones de inflado de las llantas de los vehículos, el

módulo de reacción del suelo de apoyo y las propiedades mecánicas del concreto que en ellas se utilice.

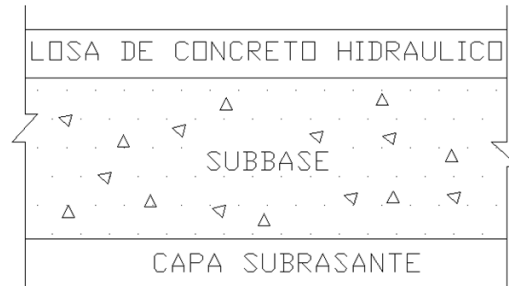


Figura 2.2 Capas que forman un pavimento rígido.

Fuente: Olivera; 2006: 18

2.8 Concreto Hidráulico.

“El concreto hidráulico es un material compuesto, empleado en construcción formado esencialmente por un aglomerante al que se añade: partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos. El aglomerante es en la mayoría de las ocasiones cemento (generalmente cemento Portland) mezclado con una proporción adecuada de agua para que se produzca una reacción de hidratación. Las partículas de agregados, dependiendo fundamentalmente de su diámetro medio, son los áridos (que se clasifican en grava, gravilla y arena)”. www.wikipedia.org; 2014. De acuerdo con esta definición sabemos que el concreto tiene como base tres elementos, el cemento, los agregados pétreos y el agua.

2.8.1 Cementos.

Al cemento utilizado comúnmente en la elaboración de concreto es el llamado Cemento Portland que debe entenderse como, “Los cementos portland son

cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos de calcio hidráulicos. Los cementos hidráulicos fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua. Durante esta reacción, llamada hidratación, el cemento se combina con agua para formar una pasta de aspecto similar a una roca. Cuando la pasta (cemento y agua) se agrega a los agregados (arena y grava, piedra triturada u otro material angular) actúa como adhesivo y une todas las partículas de agregados para formar el concreto.” (Instituto Mexicano del Cemento y de Concreto A.C.; 2006: 3).

2.8.2. Clasificación de los Cementos.

De acuerdo con la Cámara Nacional del Cemento (2014), el cemento se puede clasificar de acuerdo a sus características con base en la Norma NMX-C-414-ONNCCE-1999, que los divide conforme a su composición como se muestra a continuación.

Tipo	Denominación
CPO	CEMENTO PORTLAND ORDINARIO.
CPP	CEMENTO PORTLAND ORDINARIO.
CPP	CEMENTO PORTLAN PUZOLANICO.
TPEG	CEMENTO PORTLAND CON ESCORIA GRANULADA DE ALTO HORNO.
CPC	CEMENTO PORTLAND COMPUESTO
CPS	CEMENTO PORTLAND CON HUMO DE SILICE.
CEG	CEMENTO CON ESCORIA GRANULADA DE ALTO HORNO.

Tabla 2.2 Tipos de Cementos.

Fuente: www.canacem.org.mx; 2014.

Y como identificación secundaria tienen una nomenclatura dependiendo las características especiales que estos puedan tener.

NOMENCLATURA	CARACTERISTICAS ESPECIALES DE LOS CEMENTOS
RS	RESISTENTE A LOS SULFATOS
BRA	BAJA REACTIVIDAD ALCALINA AGREGADO
BCH	BAJO CALOR DE HIDRATACION
B	BLANCO

Tabla 2.3 Características Especiales.

Fuente: www.canacem.org.mx; 2014.

Otra sub clasificación es de acuerdo a la resistencia normal de un cemento dicha resistencia es la que se obtiene ensayando el cemento a la compresión a los veintiocho días la cual dará un resultado que puede ser 20, 30 o 40 Newtons por milímetro cuadrado (N/mm²). De tal motivo un saco de cemento debe tener todos estos datos para identificar de qué tipo es y sus características por ejemplo un cemento CPC 40 R sabemos que es un Cemento Portland Compuesto con una alta resistencia inicial.

2.8.3. Materiales pétreos utilizados para la elaboración de concreto hidráulico.

Los agregados que se utilizan en el concreto representan un setenta y cinco por ciento del volumen de la mezcla, por tal motivo la calidad que estos agregados presenten será de vital importancia para que el concreto adquiera las características necesarias para lo que fue diseñado. Existen dos tipos de agregados pétreos para la formulación del concreto hidráulico los agregados finos y los agregados gruesos.

2.8.3.1 Agregados pétreos finos.

El agregado fino o como comúnmente es conocido como arena representa un cincuenta por ciento del total de los agregados que se utilizan en la elaboración de concreto hidráulico, dichas arenas están conformadas por las partículas que oscilan entre los 4.76 milímetros y las partículas retenidas en la malla No. 4, y estas arenas tienen una alta influencia en la dosificación de la mezcla, en la aspereza que presentara, y el costo del concreto.

Retomando lo dicho por el Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto A.C. (2006), las características que deben ser fundamentales para este tipo de agregados son su composición granulométrica, el módulo de finura, el grado de elementos perjudiciales a la mezcla, la resistencia al intemperismo que presente y el grado de materiales que puedan reaccionar de manera perjudicial con el cemento.

2.8.3.2. Agregados pétreos gruesos.

Estos agregados gruesos son los que se conocen como gravas y forman el otro cincuenta por ciento de los agregados pétreos en la mezcla, su tamaño varía entre los 63.5 milímetros o 2 pulgadas y media y los 4.76 milímetros (Malla No. 4), estos tienen que tener como característica fundamental, que tienen que ser agregados producto de una roca sana, que sean resistentes al intemperismo y mantenerse inertes ante las acciones químicas del cemento.

Este tipo de agregados deben presentar otra característica que es fundamental para la elaboración del concreto hidráulico, esta es referente a su geometría, ya que la forma de las partículas influirá directamente en el consumo de

agregado fino y por consiguiente en el consumo de cemento, ya que las partículas que presenten una geometría plana, alargada y angulosa requieren mayor cantidad de agregado fino y por otra parte las partículas que presentan una forma más uniforme como las que se obtienen de una selección por cribado tendrán mejor acomodo dentro de la mezcla.

2.8.3.3. Relación agua-cemento.

Continuando con lo dicho por el Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (2006), donde menciona que el agua que sea destinada para la elaboración del concreto debe ser agua potable, con el fin de que no contenga impurezas que puedan interferir en la hidratación del cemento portland, se debe de tener un gran control cuando se agrega el agua para que las propiedades del concreto sean las diseñadas, la relación que debe haber entre el agua y el cemento debe oscilar entre un rango de 0.46 y 0.54 en volumen.

2.9. Losas de concreto hidráulico.

De acuerdo con Olivera (2006), la parte superior de todos los pavimentos rígidos, son las losas de concreto hidráulico que son construidos sobre la sub-base y proporcionan la superficie de rodamiento.

Este tipo de pavimentos de concreto hidráulico están sometidos a diferentes esfuerzos como son:

- a) Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.

- b) Esfuerzos directos de compresión y corte causados por las frecuentes cargas de las ruedas.
- c) Esfuerzos de compresión y tensión causados por la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.
- d) Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.
- e) Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la combadura del pavimento por efectos de los diversos cambios de temperatura.

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

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

2.10 Agrietamiento del concreto hidráulico.

De conformidad con Olivera (2006), el concreto hidráulico es un producto que desde que se termina su proceso de mezclado y puesto en obra, está sujeto al agrietamiento, esto debido a la pérdida de agua que se le presenta por evaporación y por aquellas reacciones químicas internas a las que está expuesto durante el

proceso del fraguado, estas anomalías pueden reducirse en gran medida si se le aplica un procedimiento de curado de manera adecuada, para ello lo más efectivo es una capa superficial, inmediatamente después del tendido, de alguna de las muchas sustancias (membranas de curado) que existen en el mercado que impiden la evaporación del agua de la mezcla.

Además de lo anterior es necesario tomar en cuenta distintos factores que puedan influir como el clima, otro factor que influye en este proceso es el de evitar el colado cuando haya vientos con alta velocidad o temperaturas muy altas como en las costas. Es importante que después del tercer día se deba mantener húmeda la superficie por medio de riegos de agua.

Este agrietamiento que se presenta en el concreto se presentará de manera no uniforme, y las aberturas que se presenten pueden ser de tal magnitud que se pierda la interacción granular entre las diferentes partes, dicha condición no debe tolerarse en los pavimentos rígidos, por el contrario, se deberá asegurar que las losas de concreto hidráulico del pavimento trabajen de manera conjunta al aplicárseles cargas.

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

2.11 Tipos de losas de concreto.

Retomando lo dicho por Olivera (2006), para que el agrietamiento del concreto no llegue a ser de manera irregular, sino en forma perpendicular al eje del colado y asegurar que las losas trabajen en conjunto, es necesario la formación de juntas de contracción a distancias que hayan sido determinadas con anterioridad, y estas se harán de acuerdo al tipo de juntas de contracción que se vayan a utilizar, se pueden utilizar tres tipos de losas:

- a) Losa de concreto simple. Este tipo de losas son aquellas que dentro de la masa de concreto no tienen ninguna cantidad de acero que sirva de refuerzo, y para evitar que este tipo de losas tengan agrietamientos mayores a los 3 milímetros se deberá de asegurar que la relación entre el largo y ancho de esta sea menor de 1.25, siendo por lo general el valor de 1.15. Es de manera común que las losas no sean mayores en este caso de 4.5 m.



Fotografía 2.1 Losa de concreto simple.

Fuente: Propia.

b) Losa de concreto con pasa juntas de sujeción; Este tipo de losas se utilizan cuando la longitud de las losas es mayor a 4.5 m es decir, que la relación de largo a ancho es mayor a 1.25, pero menor de 1.4 se deberán usar pasajuntas de sujeción, que son varillas lisas que se colocan en el sitio de aserrado hacia la mitad del espesor, con 40 cm de longitud dentro de cada losa. La colocación de estas pasajuntas se debe realizar antes del colado y se fijan por medio de silletas parecidos al armado de castillos, de manera triangular, en los lugares antes seleccionados de acuerdo a su relación largo- ancho.



Fotografía 2.2 Losa de concreto con pasajuntas.

Fuente: Propia.

c) Losa de concreto armado. Este tipo de losas son aquellas que debido a las cargas a las que se someterán la capacidad del concreto a la flexión no es suficiente por tal motivo necesitan de un armado con acero de refuerzo



Fotografía 2.3 Losa de concreto armada

Fuente: Propia.

2.12 Juntas de dilatación.

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

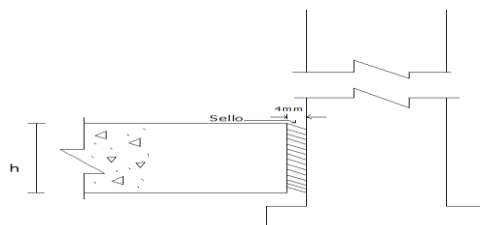


Figura 2.3 Junta de expansión para pavimentos rígidos.

Fuente: Olivera; 2006: 146.

2.13. Juntas de construcción.

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

2.14 Tipos de fallas en los pavimentos rígidos.

Partiendo de lo dicho por Rico y Del Castillo (1994), las fallas en los pavimentos rígidos pueden deberse a dos causas principales. La primera es referida a deficiencias de la propia losa y comprende por un lado defectos del concreto, tales como la utilización de materiales y agregados no adecuados.

La otra causa principal de falla en los pavimentos rígidos se refiere al inadecuado comportamiento estructural del conjunto losa, sub-base, subrasante y aun terracería y terreno de cimentación. Los agrietamientos causados por trabajo defectuoso de los pasa-juntas son debidos generalmente a que estos elementos quedan mal lubricados y con esto no permiten el movimiento para el que fueron diseñados. El espaciamiento excesivo de estos elementos también es fuente de grandes problemas.



Fotografía 2.4 Losa de concreto con falla.

Fuente: Propia.

2.15 Control de calidad en pavimentos rígidos.

De conformidad con Olivera (2006), para el control de calidad es necesario que de forma continua se realice la prueba de revenimiento, con lo cual se podrá tener una idea de la calidad del concreto que se está utilizando, pues si se están obteniendo asentamientos aceptables y en un momento dado cambian, ya sea porque aumente o disminuya, será indicio de que no se están efectuando las dosificaciones necesarias

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

posible resistencia a los 28 días, si se conoce el consumo de cemento Portland, o el contenido de este producto en la mezcla fresca.

2.16 Sellado de juntas.

El sellado de las juntas juega un papel fundamental en el comportamiento del concreto ya que este es el que previene que el agua penetre al interior del pavimento por tal motivo antes de dar al servicio, se procederá a sellar todas las juntas con material sellante. Podrá usarse asfalto sólido de penetración 60-70 o 80-100 mezclado con polvo de arena que pase de malla No. 100, aplicado en caliente.



Fotografía 2.5. Sellado de Juntas y grietas en un pavimento rígido.

Fuente: Propia.

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN.

En el presente capítulo se verán cuestiones referentes al sitio donde se ubica el proyecto de pavimentación, partiendo desde su entorno geográfico, el cual describe su localización geográfica, mencionando características físicas del lugar, geológicas de la zona del proyecto así como también un reporte fotográfico.

3.1 Generalidades.

Esta investigación tiene como objeto realizar la integración de un diseño de pavimento rígido para la colonia Tejerías en Uruapan Michoacán, tal diseño contara y abordara todos los aspectos tanto teóricos como prácticos así como la normativa necesaria para la realización de una estructura de este tipo.

Por principio de cuentas se debe tomar como factor importante para el diseño de dicha estructura el tipo de geotecnia que presenta el suelo donde será desplantada la misma, para esto es necesario conocer mediante un estudio de mecánica de suelos las características del suelo.

Una vez conocida dichas características se debe de tomar en cuenta la cantidad y el tipo de vehículos que transitaran por las calles de la zona por lo que es necesario realizar sondeos de las vialidades, esto se logra a través de conteos de los vehículos para después determinar cuándo volumen de tráfico y que tipo de vehículos son los que transitan.

3.1.1. Objetivo.

El objetivo de este proyecto es realizar el diseño de pavimento rígido de la colonia Tejerías de Uruapan, Michoacán, cumpliendo las normas y especificaciones marcadas por la SCT.

3.1.2. Alcance del proyecto.

En el presente trabajo se da a conocer el procedimiento del análisis y diseño de pavimentos por 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 son producidas por el tránsito en cada rango de carga, comparándolas con la resistencia de diseños.

3.2 Resumen ejecutivo.

La colonia que es el foco de este trabajo se encuentra ubicada al oriente de la ciudad de Uruapan, Michoacán, y la realización de los planos que ayudaran a conocer la topografía de dicha zona se obtuvieron mediante un levantamiento topográfico con una estación Total Sokkia SET4110R, una vez teniendo el trazo de las calles se pueden obtener datos que serán importantes para la realización del diseño del pavimento.

Además de esto es necesario revisar cual es la normativa de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes que aplicara para este proyecto, tales como la calidad de los materiales y la conformación de la estructura del pavimento.

3.3 Entorno Geográfico.

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

Por su extensión territorial ocupa el décimo sexto lugar nacional, con una superficie de 58,836.95 kilómetros cuadrados, que representa el 3.04 % de la extensión del territorio nacional. La entidad cuenta con 213 km. de litoral y 1,490 km. cuadrados de aguas marítimas.



Figura 3.1 Ubicación de Michoacán en México

Fuente: www.wikipedia.org (2014)

Al estado de Michoacán lo conforman dos grandes regiones montañosas o provincias fisiográficas, que son: la Sierra Madre del Sur y el Sistema Volcánico Transversal y Valles Intermontañosos (Cordillera Neovolcánica o Tarasco - Náhuatl). La Sierra Madre del Sur cruza al Estado en aproximadamente 200 kilómetros en la zona Suroeste (entre los municipios de Chinicuila y Arteaga). Se le considera como la continuación de la Sierra Madre Occidental y de otras Sierras de América del Norte (Sierra Nevada, Montañas Rocallosas). Presenta una dirección de Noroeste a Sureste, extendiéndose a lo largo de la costa del océano Pacífico y muy próxima a él: tiene una anchura de casi 100 km., una altitud más o menos constante en sus partes altas de más de 2,900 m. y una superficie de 13,126.5 km². La mayor prominencia en esta Sierra es el Cerro de las Canoas que tiene 2,985 m. de altitud y se localiza a 7 km. al Noroeste de la población de Coalcomán, en el municipio de este mismo nombre. Otra es el Cerro Cantador con 2,436 m. de altura, localizado a 35 km., al Suroeste de Aguililla, también en el municipio de Coalcomán.

La otra región montañosa del Estado, la constituye el Sistema Volcánico Transversal (o Cordillera Neovolcánica) se localiza al sur de la altiplanicie mexicana y se formó como consecuencia de la aparición de numerosos volcanes. Este sistema tiene una longitud de 300 km. y una anchura aproximada de 130 km. La mayor parte del mismo se sitúa entre los paralelos 19° y 20° de latitud Norte y presenta líneas estructurales que siguen una dirección Noroeste Sureste. Las elevaciones orográficas más notables en esta región, son: el Tancítaro (3,857 m. en el municipio de Tancítaro); Patambán (3,525 m. en el municipio de Tangancícuaro); Cerro de

Quinceo (2,750 m. en el municipio de Morelia); el Tzirate (3,300 m. en el municipio de Quiroga) y el Volcán de San Andrés (3,605 m. en el municipio de Ciudad Hidalgo).

Uruapan es una ciudad del estado de Michoacán de Ocampo y también es cabecera del municipio de Uruapan cuyo clima es templado y de vegetación exuberante y con una gran producción de Aguacate de exportación cualidad que hace que sea reconocida como “La capital mundial del aguacate”, esta ciudad también es punto de enlace entre las zona de tierra caliente y la región de la meseta purépecha. Fundada en 1533 por Fray Juan de San Miguel su extensión abarca aproximadamente los 954.17km² los cuales están limitados por los municipios de Los reyes, Charapan, Paracho, Nahuatzen, Tingambato, Ziracuaretiro, Taretan, Nuevo Urecho, Gabriel Zamora, Paracuaro, Nuevo Parangaricutiro, Tancítaro y Periban.

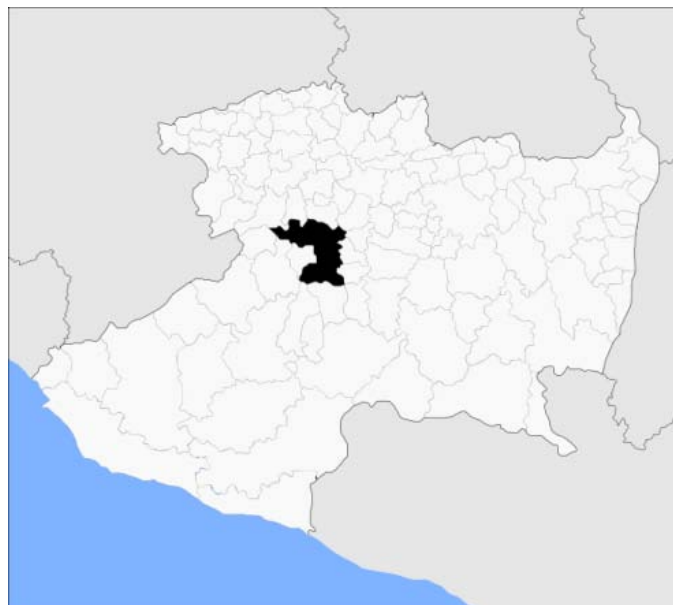


Imagen 3.2.- Ubicación de Uruapan dentro de Michoacán

Fuente www.wikipedia.org (2014)

Actualmente la población estimada es de 315,000 habitantes. La principal actividad agrícola del municipio de Uruapan sin duda es el cultivo del aguacate, que ha sido llamado el oro verde de Michoacán. El gran auge de la producción de aguacate en el estado se dio a partir del año 1997, este fue el año donde se suspendió la prohibición de exportar aguacate Mexicano a Estados Unidos decreto impuesto desde el año de 1913. A partir de 1997 el municipio ha exportado aguacate a los Estados Unidos siendo este el mayor consumidor de la producción Uruapense alcanzando las 200 mil toneladas de un total de 300 mil toneladas exportadas al extranjero. La actividad industrial no está muy desarrollada, aunque existen empresas dedicadas a la fabricación de plásticos, productos a base del chocolate y empaques de aguacate. La ciudad de Uruapan cuenta con diferentes atractivos turísticos entre los cuales se encuentran el parque nacional Lic. Eduardo Ruiz, La Huatapera y La Tzararacua.

3.3.1 Macro y Micro localización.

La zona de estudio del presente trabajo se encuentra ubicada al oriente de la ciudad en las coordenadas geográficas 19°23'31.69" latitud norte y 102°00'23.52", con una elevación aproximada a la altura del mar de 1601 metros, la cual limita en su mayoría con terrenos ejidales al norte, sur y este, al oeste colinda con la colonia San Francisco Uruapan, por donde se encuentra la única vialidad de acceso a esta colonia.

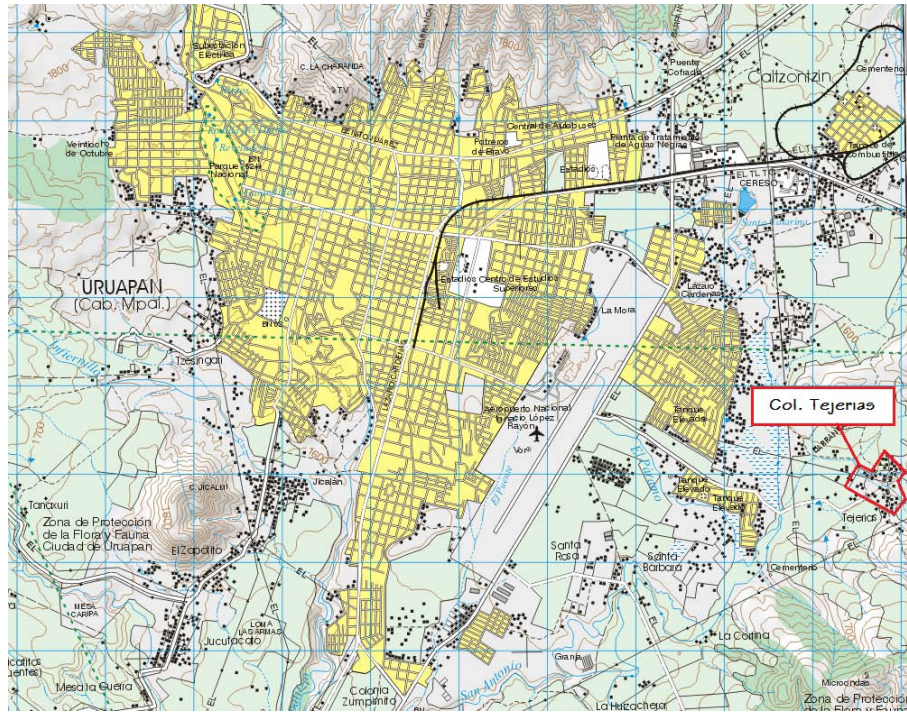


Imagen 3.3 Ubicación de la colonia dentro de Uruapan.

Fuente: Carta topográfica E13B39, INEGI (2014).

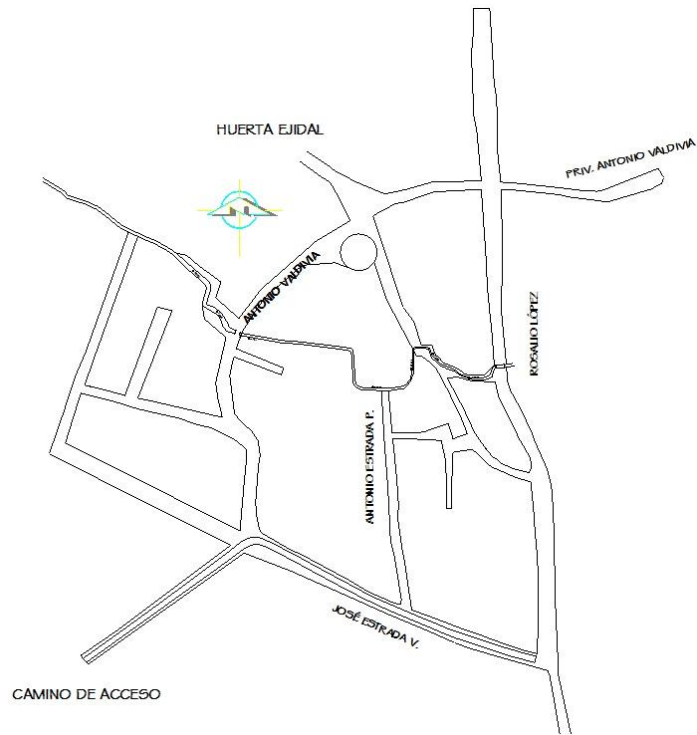


Imagen 3.4 Planta actual de la colonia a urbanizar.

Fuente: Propia (2014)

3.3.2 Clima.

Las regiones fisiográficas descritas son en buena proporción responsables del complicado y diverso mosaico de condiciones climáticas que caracterizan el estado de Michoacán.

Tipos de Clima. - Con excepción de los climas francamente húmedos y francamente áridos, los tipos climáticos que predominan en Michoacán son:

- a) Clima tropical lluvioso, con lluvias en verano. En la Región de la Costa y porciones de mayor altitud de depresión del Balsas, así como en las estribaciones de la sierra de Coalcomán.
- b) Clima seco en este estepario cálido, con lluvia escasa que predomina en verano; la temperatura media anual es superior a 18° C. Es característico de las áreas de menor altitud de la Tierra Caliente en la cuenca baja del Río Balsas.
- c) Es un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media del mes más caliente mayor de 22° C. Se distribuye en la mayor parte de la Región de los Valles y Ciénegas del Norte, en la Sierra de Coalcomán y Arteaga y zonas de transición entre la Sierra del Centro y la Cuenca del Balsas - Tepalcatepec.
- d) Es un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano, la temperatura media del mes más cálido es inferior a 22° C. Se extiende en la mayor parte de la Sierra del Centro y serranías aisladas de la Región de los Valles del Norte.

3.4 Informe Fotográfico.

A continuación se muestran imágenes representativas del sitio de estudio para el presente trabajo:



Fotografía 3.1.- Vialidad primaria dentro de la colonia.

Fuente: Propia.



Fotografía 3.2.- Vialidad primaria dentro de la colonia.

Fuente: Propia.

En la Fotografía 3.1 y 3.2 se muestra las condiciones actuales de las vialidades primarias de la colonia Tejerías y que hasta el momento están constituidas por terracerías que tienen una apariencia dura, las vialidades más importantes de la colonia tienen anchos promedios aproximadamente de 14 m.



Fotografía 3.2. Acceso a la colonia.

Fuente: Propia.

Como se puede apreciar en la Fotografía 3.2 la vialidad que da acceso a esta colonia ya se encuentra construida a base de un pavimento de carpeta asfáltica, en general dicha vialidad se encuentra en buenas condiciones aunque cabe destacar que carece de balizamiento.



Fotografía 3.3. Vialidad secundaria de la colonia.

Fuente: Propia.

En la Fotografía 3.3 se muestra una de las vialidades secundarias de dicha colonia donde se puede ver que al igual que las calles principales esta también cuenta con terracerías, y aunque en general el terreno no es muy accidentado o con grandes pendientes existen socavaciones en estas terracerías provocadas por los escurrimientos pluviales de la zona.



Fotografía 3.4. Canal dentro de la Colonia.

Fuente: Propia.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

En el presente capítulo se mencionarán los métodos utilizados en la investigación así como las diferentes herramientas usadas, ya que para obtener los resultados esperados de este estudio es de vital importancia seguir algunos lineamientos previamente establecidos.

4.1 Método empleado.

Para realizar trabajos de investigación existen diversos métodos, pero para fines prácticos que van de acuerdo a las necesidades de este trabajo, se aplicara el método matemático y el método científico, debido a que es el que tiene las características necesarias para la investigación.

4.1.1 Método científico.

De acuerdo con Tamayo (2000) la ciencia y la epistemología ponen como ejemplo el método científico a tal grado que no se puede hablar de investigación sin tener que mencionar este método. “Podemos decir que entre la investigación científica y el conocimiento científico encontramos el método científico, él es el que nos asegura el primero y el segundo”. (Tamayo; 2000:35)

Este método es un procedimiento que se usa para descubrir bajo qué circunstancias suceden condiciones específicas de un fenómeno, y tiene como característica que es tentativo, verificable con un razonamiento riguroso y de naturaleza empírica. Por tanto se puede decir que el método científico no es más que

aplicar la lógica a los hechos o realidades de un fenómeno que haya sido observado. Por tal motivo este método nos lleva a eliminar el factor subjetivo en la interpretación de la realidad permitiéndonos llevar un proceso más objetivo en la realización de una investigación.

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

- 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, buscado

los hechos que permitan reiterar si las consecuencias que se debían presentar realmente lo hacen o no.

Con esto se puede concluir con mencionando las características del método científico las cuales son que es:

- a) Fático.
- b) Trasciende a los hechos.
- c) Es de verificación empírica.
- d) Auto correctivo.
- e) Formulación de tipo general.
- f) Es objetivo.

4.1.2 Método matemático.

De acuerdo con Mendieta (2005), el ser humano tiene nociones de cantidad desde muy temprana edad, y comúnmente sin darse cuenta aplica el procedimiento científico, comparando cantidades para obtener nociones derivadas de importancia, valor económico y capacidad.

El método matemático emplea algún tipo de formulismos matemáticos para expresar las relaciones sustantivas de los hechos, variables, parámetros, entidades y relaciones entre entidades u operaciones con el objetivo de estudiar los comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar.

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

Como menciona Mendieta (2005), otra forma recurrente es la comparación. Los estudios que utilicen matrices diferenciales, cambios graduales, referencias de tiempo, el análisis de unos factores por otros, se está usando el método comparativo.

Cuando se inicia el estudio, el investigador formula un resultado supuesto o posible y este se toma como base del tema; para formular la hipótesis se apoya en el conocimiento ya comprobado, todo esto debe relacionarse para conducirlo a los aspectos no descubiertos.

Con los resultados del estudio el investigador va adquiriendo nuevos conocimientos y descubriendo fenómenos que pueden alterar su hipótesis inicial.

Retomando lo dicho por Mendieta (2005), una relación elemental del método es la siguiente:

- a) Conocimiento amplio del campo científico.
- b) Observaciones de diversas manifestaciones relacionadas con aspectos desconocidos.
- c) Formulación de una idea o hipótesis que se acepte como válida, pero que requiere de una prueba para que sea aceptada.
- d) La aplicación de los métodos indicados. Una observación lenta de casos particulares y el registro de ellos.
- e) Estudio de las constantes y variables.
- f) Clarificar el proceso de análisis y síntesis.
- g) Conclusiones al terminar la etapa exploratoria.

- h) Elaboración de leyes, o fabricación de materiales o publicación de los descubrimientos.
- i) Informe oficial en el mundo científico de los descubrimientos.

4.2 Enfoque de la investigación.

El enfoque que se usará en la presente investigación es el enfoque cuantitativo, el cual según Hernández y cols. (2010), usa la recolección de información para comprobar hipótesis, con base en la comprobación numérica y los análisis estadísticos y así establecer patrones de comportamiento y comprobar teorías.

Siguiendo con Hernández y cols. (2010) un enfoque cuantitativo tiene las siguientes características:

- a) Se tiene que plantear un problema de estudio delimitado y concreto. Los cuestionamientos de la investigación son siempre sobre cosas específicas.
- b) Una vez planteado el problema, se realiza un estudio de lo que se ha investigado anteriormente. Este paso es llamado revisión de la literatura.
- 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 ponen a prueba las hipótesis, mediante los métodos de investigación apropiados. Si los resultados son razonables o están a favor de la hipótesis aportan evidencia a su favor. Si son negativos se buscan mejores explicaciones o se cambia la hipótesis. De esta manera al apoyar la hipótesis

se genera confianza en la teoría que las sostiene. Si no es así se eliminan tanto la teoría como la hipótesis.

- f) Para obtener estos resultados el investigador, recolecta datos numéricos de los objetos, fenómenos o participantes, que analiza y estudia por medio de procesos estadísticos. A este conjunto de pasos se le llama proceso de investigación cuantitativo y se derivan otras características que se mencionaran a continuación algunos de estos.

Las hipótesis se generan antes de recabar todos los datos, y es por esto que se generan antes que todo.

La recolección de datos se fundamenta en la medición. Esto se lleva a cabo con el uso de procedimientos estandarizados y aceptados por la comunidad científica. De modo que sea creíble y aceptada por otros investigadores.

Hernández y cols. (2010), dice que los datos son productos de mediciones y se representan como números y que se deben analizar por medio de análisis estadísticos.

La investigación cuantitativa debe de ser lo más objetiva posible, esto quiere decir que los datos que se obtienen no deben de sé por ningún motivo, alterados por el investigador.

4.3 Alcance de la investigación.

Hernández y cols. (2010) dice que el alcance de la investigación depende de la estrategia de investigación. De esta manera, los procedimientos y otros

componentes del estudio serán diferentes en otros estudios de alcance exploratorio, descriptivo, correlacional, o explicativo. Pero ya en la práctica un estudio puede tener varios de estos a la vez. La presente tesis abordara un estudio (Descriptivo) ya que busca describir situaciones, hecho y eventos, esto quiere decir que busca demostrar como son y cómo se manifiestan dichas situaciones, se mide y evalúa a través de la recolección de datos sobre los diferentes aspectos, componentes o dimensiones del fenómenos que se pretende investigar. Aterrizando lo dicho a este trabajo con este alcance descriptivo se puede decir cómo será el pavimento que se diseñara y cuáles son los datos recolectados para tal fin.

4.4 Diseño de la investigación.

Hernández y cols. (2010) menciona que una vez que ya se tiene definido el estudio a realizar y que se establecieron las hipótesis de la investigación, el investigador debe conocer la manera práctica y concreta de responder a las preguntas que se plantearon en la investigación.

Esto lleva a seleccionar un diseño de investigación y aplicarlo al contexto particular. El diseño dice lo que el investigador debe de hacer para alcanzar el objetivo del estudio, contestar las preguntas de investigación y analizar las hipótesis formuladas.

Si el diseño es bien escogido, el resultado del estudio tendrá mayores posibilidades de ser válido. Y lo mismo ocurre al seleccionar un tipo de diseño que otro ya que cada uno tiene sus propias características.

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

4.5 Instrumentos de recopilación de datos.

Para esta investigación, la recopilación de datos se han hecho mediante una observación del tipo cuantitativo, esto quiere decir, que por medio de la observación del aforo vehicular, se logró cuantificar el número y tipo de vehículos que transitan por las calles de la zona de estudio, para con esto definir mediante un análisis cuales son las condiciones de transito finales de servicio que tendrán estas vialidades, considerando la clasificación de los vehículos y las consideraciones de carga que se aplicará en el pavimento.

Otra herramienta necesaria utilizada fue una Estación Total, este aparato sirve para realizar levantamientos topográficos y con ello realizar planos donde se muestren las condiciones de terreno actuales. Una cámara fotográfica la cual sirve para tomar evidencia visible de cuáles son las condiciones de la zona.

Así como también los programas computacionales que ayudan de manera importante con el procesamiento de los datos obtenidos en campo tales como Excel, que es un programa que viene dentro del paquete de programas de Microsoft Office y esta es una hoja de cálculo, AutoCAD el cual es un programa especializado para el dibujo de planos.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

En el presente capítulo se presentarán los datos obtenidos en campo para la realización del cálculo correspondiente que servirá para definir las características del tanto del concreto como de la estructura del pavimento que se presenta como solución para la problemática de la urbanización de la colonia Tejerías, tema de este trabajo.

5.1 Aforo vehicular.

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

La clase de vehículos que transitan o transitarán por un camino variará según el tipo de camino que se vaya a tratar, y esto incluye en el diseño del pavimento, por tal motivo existe una clasificación para los vehículos dependiendo el tipo del cual se trate como se mostrara en la tabla siguiente:










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

Tabla 5.1 Clasificación general de los vehículos.

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

Para el conteo de los vehículos el método más empleado en la recopilación de datos es el automático el cual consiste en la colocación de un tubo de hule cerrado en un extremo por una membrana, este tubo se coloca transversalmente a la vía y al paso de cada eje de un vehículo sobre el tubo, de manera que cada que un eje pasa por encima de él produzca un impulso de aire sobre la membrana que establece un contacto eléctrico con un aparato que va registrando el número de impulsos recibidos. Este tipo de contadores automáticos tienen la gran desventaja que solo cuentan la cantidad de ejes que pasan por ellos y por tal motivo no es posible determinar la clasificación los vehículos por tipo, dato que es de gran importancia para el diseño del pavimento, mientras que por otro lado realizando el conteo de forma manual se obtiene de manera más exacta la cantidad y tipo de vehículos de forma más veraz a las condiciones a las que se someterá la vía de circulación.

A continuación se mostrará el aforo vehicular en la cual se indican el tipo de vehículos de acuerdo a la norma y como complemento se muestran el número de motocicletas que circulan por la calle Rosario López, que se encuentra ubicada en la colonia Tejerías, también se indica el día en el que se asistió para realizar dicho aforo. Cabe mencionar que se usó el método manual. Para el presente trabajo se realizó la visita a una de las principales calles de la zona de estudio para realizar el conteo de manera manual durante una hora diaria durante seis días (lunes a sábado) obteniendo los siguientes resultados:

AFORO VEHICULAR EN LA COLONIA TEJERIAS						
TIPO DE VEHICULO	Lunes 28 de Abril de 2014	Martes 29 de Abril de 2014	Miercoles 30 de Abril de 2014	Jueves 1 de Mayo de 2014	Viernes 2 de Mayo de 2014	Sabado 3 de Mayo de 2014
AUTOMOVILES (A2)	31	34	37	30	40	45
CAMIONETAS TIPO PICK UP (C2)	12	10	15	9	12	15
CAMIONETAS TIPO SUB (B2)	7	6	7	10	6	12
CAMIONES TIPO (B3)	1	3	1	0	5	3
MOTOCICLETAS	6	8	10	5	11	6

Tabla 5.2 Aforo Vehicular
Fuente: Propia

5.2 Valor Relativo de Soporte (VRS).

Tomando en cuenta lo dicho por Rico y Del Castillo (1994), en el ensaye de Valor Relativo de Soporte o VRS, fue originalmente desarrollado por el Departamento de Carreteras del Estado de California; el VRS de un suelo, se obtiene con una prueba de penetración, en la que mediante la utilización de un vástago de 19.4 cm², de área se hace penetrar en un molde con un suelo que es previamente compactado a 2,000 psi, la penetración que se realiza con el vástago se hace a una velocidad de 0.127 cm/min, registrando la carga de penetración a cada 0.25 cm; La muestra de suelo en la cual se realiza el ensaye, está confinado con un molde de acero de 15.2 cm de diámetro, y una altura de 20.30 cm, el suelo se prepara cribando el material seco por la malla de 1 pulgada, para después agregar el agua necesaria y con esto obtener la humedad óptima de compactación en el suelo, pesando 4 kg de material húmedo el cual se colocará en el molde distribuido en tres capas varillas, es decir, poner 1 capa por vez y penetrando con una varilla por varias veces hasta completar las 3 capas, para colocarlo en una prensa que le aplicará una carga de 140 kg/cm², carga aplicada uniformemente en la superficie del suelo al interior del molde, este proceso se denominaba ensaye Porter, en la actualidad con la aplicación del ensaye AASHTO tanto Estándar como Modificado, se debe igualar las características de Masa Volumétrica Seco Máximo y Humedad óptima de compactación obtenidas en los ensayos previos, y posteriormente aplicar la penetración que nos determinará el VRS del material que se está estudiando.

En este ensaye existen diversos factores los cuales pueden hacer variar los resultados de VRS de un suelo como por ejemplo: la textura que tiene la muestra de suelo con respecto a la superficie interior del molde, el contenido de agua de la muestra, el cual puede que no sea el óptimo, y la condición de compactación dada al espécimen. En seguida se mostrará el cálculo del VRS en el cual se muestran los resultados obtenidos de esta prueba:

LECTURAS OBTENIDAS DEL ENSAYE		
DEF. (MM)	LEC. (MM)	CARGA (KG)
0.00	0.000	0.00
2.00	0.091	286.45
4.00	0.124	379.44
6.00	0.315	920.23
8.00	0.360	1115.76

FORMULA DEL VRS
$VRS = \frac{\textit{Segunda lectura}}{1425} \times 100$

VALOR RELATIVO DE SOPORTE DEL SUELO	
VRS 2da. Lectura (%)	27%

Y si se toma en cuenta lo siguiente:

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

Podemos decir que tenemos:

CALIDAD DE LA MUESTRA DE SUELO
SUBRASANTE DE BUENA CALIDAD

Una vez obtenidos estos datos podemos continuar con el método de cálculo con el cual se obtendrán las características que deberá satisfacer el pavimento para las condiciones que se le presentaran.

5.3 Diseño del pavimento rígido por medio del método PCA.

El método que se eligió para el diseño de pavimento rígido para la colonia Tejerías de Uruapan Michoacán fue el de Portland Cement Association (PCA), el cual se basa principalmente en el concepto de consumo de resistencia, en dicho método se calculan las distintas tensiones que son provocadas por el paso del tránsito en cada rango de carga y estas son comparadas con la resistencia de diseño del pavimento, estableciendo con esto, el número de repeticiones permitidas en cada rango de carga, que comparado con el número de repeticiones esperadas, con esto se logra establecer un porcentaje de consumo de resistencia por cada rango, y cuya suma no debe exceder de un 100%, así mismo dentro de este método existe el análisis por erosión el cual limita los efectos de la deflexión del pavimento en los bordes y esquinas de las losas, y con ello controlar la erosión del material de cimentación.

Existen diversos factores que se deben tomar en cuenta para este método principalmente son el Valor Relativo de Soporte (VRS), el tipo y cantidad de vehículos que pasan por la vialidad y con ello obtener el Tránsito de Proyecto

Diario Anual (TPDA). A continuación se muestran los cálculos para obtener este valor.

Tomando los valores que influyen para el cálculo del pavimento de la tabla 5.2 se obtiene la siguiente información:

AUTOMOVILES (A2)	31	34	37	30	40	45
CAMIONETAS TIPO PICK UP (C2)	12	10	15	9	12	15
CAMIONETAS TIPO SUB (B2)	7	6	7	10	6	12
CAMIONES TIPO (B3)	1	3	1	0	5	3

Posteriormente con esta información se hace un promedio de vehículos que transitan por la vialidad, de acuerdo al aforo realizado se toma el total de los vehículos que transitan, para después dividirlo por los días que se asistió a realizar el aforo.

PROMEDIO DE VEHICULOS POR SEMANA		
TIPO DE VEHICULO	TOTAL	PROMEDIO
(A2)	217	36
(C2)	73	12
(B2)	48	8
(B3)	13	2

Una vez obtenido el promedio de vehículos se multiplica por un periodo de 12 horas las cuales son las consideradas debido a que las 12 horas restantes son de noche y

el tránsito baja considerablemente. Al sumar el total de vehículos transitables en un periodo de 12 horas se obtiene el TPDA, el cual fue de 702 vehículos.

CALCULO DEL TPDA		
TIPO DE VEHICULO	PROMEDIO SEMANAL	PERIDO 12 HRS
(A2)	36	432
(C2)	12	144
(B2)	8	96
(B3)	2	24
	TPDA =	696

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

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE VEHICULOS PARA EL DISEÑO			
TIPO DE VEHICULO	PERIDO 12 HRS	TPDA	PORCENTAJE
(A2)	432	696	62.07%
(C2)	144	696	20.69%
(B2)	96	696	13.79%
(B3)	24	696	3.45%
	TOTAL		100.00%

Tomando en cuenta que para los efectos de diseño se sacó un resumen de los vehículos expresado en porcentajes, los cuales fueron distribuidos de manera conveniente y bajo criterios de diseño. Se distribuyó el tránsito del tipo A2 para agregar el tipo A1 y también para tomar un porcentaje mínimo para el tipo TS-S1 ya que aunque en el aforo tomado no se detectó la presencia de vehículos e este tipo es razonable dejar un pequeño porcentaje de dichos vehículos por si en algún futuro llegaran a pasar, también se sumó el tipo B2 y B3.

CUADRO DE RESUMEN DE PORCENTAJES DE ACUERDO AL TIPO DE VEHICULO	
TIPO	PORCENTAJE
(A1)	31.28%
(A2)	28.79%
(B2,B3)	17.24%
(C2)	20.69%
(TS-S1)	2%
TOTAL =	100.00%

Así mismo, otro factor que es importante considerar es el del periodo de diseño del pavimento, el cual es seleccionado en función del tipo de vía, nivel de tránsito y un análisis económico y de servicio, generalmente para pavimento rígidos es de 20 años, este valor será utilizado para el diseño y se utilizará un factor de crecimiento anual de 1.2

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

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

Calculando se tiene:

$$FP = (1 + 0.012)^{20}$$

$$FP = 1.27$$

A continuación se tiene que elegir un factor de seguridad para garantizar que las cargas de servicio no rebasen a las de proyecto, este factor se elige dependiendo el tipo de camino del que se trate y también se toma en cuenta el tipo de vehículos que transitaran por él, este valor se toma de la siguiente forma:

a) $F_s = 1.3$ En casos especiales con muy altos volúmenes de tráfico pesado y cero mantenimientos.

b) $F_s = 1.2$ Para Autopistas o vialidades de varios carriles en donde se presentará un flujo ininterrumpido de tráfico y altos volúmenes de tráfico pesado.

c) $F_s = 1.1$ Autopistas y vialidades urbanas con volúmenes moderados de tráfico pesado.

d) $F_s = 1.0$ Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.

Para efectos del presente diseño de pavimento rígido y de las características del camino se tomará un factor de seguridad de **1.0**

Una vez conocidos dichos datos podemos calcular el volumen total de vehículos esperados en la vida de proyecto mediante la siguiente formula:

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

Donde:

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

FP = Factor de proyección.

$TPDA$ = Tránsito Promedio Diario Anual.

N = Número de carriles.

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

n = Periodo de diseño (años).

CCP = Factor de seguridad.

$$Vt = \frac{696(1.27)}{1} * \left(\frac{39.93}{100} \right) * (1) * (365) * (20)$$

$$\mathbf{Vt = 2, 576,529.57}$$

Así que para este diseño se tiene un valor de vehículos total de 2, 576,529.57 y este valor será utilizado para las repeticiones esperadas. El método seleccionado, establece que en base a la distribución de los tipos de vehículos esperados en la vida de proyecto, se determine el número de ejes equivalente, tanto sencillos con tándem y al peso que tiene cada uno de ellos en la estructura, nos determinarán el total de ejes por cada 1,000 vehículos y por ende las repeticiones de cargas esperadas para cada tipo y peso de los ejes. Esto se obtuvo con el uso de una hoja de cálculo, la cual se mostrará a continuación la primer parte antes de calcular si es factible el espesor losa de concreto hidráulico propuesto.

DATOS GENERALES DEL AFORO DE CAMPO										CALCULO DEL VOLUMEN TOTAL DE VEHICULOS EN LA VIDA DE PROYECTO.						
CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO EN PORCENTAJE:					DATOS GENERALES:					TPDA	696.0	Tránsito promedio diario anual.	$n =$	20.0	P. de diseño (años).	
A =	31.28%	A2 =	28.79%	B2, B3 =	17.24%	TPDA =	696.0	FP =	1.27	Factor de Proyección.		$V_t = \frac{TPDA (FP)}{N} \cdot \left(\frac{TCP}{100}\right)^n \cdot (CCP) \cdot (365) \cdot (n)$				
C2 =	20.69%	C3 =	0.00%	T2 - S1 =	2.00%	TASA CRECIMIENTO ANUAL	1.20%	N =	1.0	Numero de carriles en un sentido.						
T2 - S2 =	0.00%	T3 - S2 =	0.00%	T3 - S3 =	0.00%	PERIODO DE DISEÑO AÑOS	20.0	r =	1.20%	Tasa de crecimiento anual.						
Suma Porcentaje =	100.00%							Tcp =	39.93%	Porcentaje de vehículos pesados.						
								CCP =	1.0	Factor corrección de tránsito en el carril de diseño.		vt =	2,576,529.57			
DETERMINACION DE REPETICIONES ESPERADAS.																
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Número de Vehículos	Número de Ejes del Vehículo		Peso de los Ejes. (Ton)			Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Clasificación de Ejes		Total Ejes C/1000 Vehic	REPETICIONES ESPERADAS	
				Delanteros	Traseros	TOTALES	Delanteros	Traseros				Peso Eje	Total Ejes			
EJES SENCILLOS																
A2	2.0	60.1%	418	418	418	836	1.0	1.0	A2	2.0	60.1%	1	836	1201.15	3,094,797.01	
B2	15.5	17.2%	120	120	120	240	5.5	10.0	B2	15.5	17.2%	10	240	344.83	888,458.47	
C2	15.5	20.7%	144	144	---	144	5.5	---	C2	15.5	20.7%	5.5	144	206.90	533,075.08	
C3	23.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	C3	23.0	0.0%					
T2-S1	24.5	2.0%	14	14	---	14	5.5	---	T2-S1	24.5	2.0%	5.5	14	20.11	51,826.74	
T2-S2	31.5	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	T2-S2	31.5	0.0%					
T3-S2	39.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	T3-S2	39.0	0.0%					
T3-S3	43.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	T3-S3	43.0	0.0%					
EJES TANDEM																
C2	15.5	20.7%	144	---	144	144	---	18.0	C2	15.5	20.7%	18.0	144	206.90	533,075.08	
C3	23.0	0.0%	0	---	0	0	---	18.0	C3	23.0	0.0%					
T2-S1	24.5	2.0%	14	14	14	28	18.0	18.0	T2-S1	24.5	2.0%	18.0	28	40.23	103,653.49	
T2-S2	31.5	0.0%	0	0	0	0	18.0	18.0	T2-S2	31.5	0.0%					
T3-S2	39.0	0.0%	0	0	0	0	18.0	22.5	T3-S2	39.0	0.0%					
T3-S3	43.0	0.0%	0	0	0	0	18.0	22.5	T3-S3	43.0	0.0%					

Tabla 5.3 Calculo de las repeticiones esperadas

Fuente: Propia

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

$$MR = 0.12 f'c$$

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

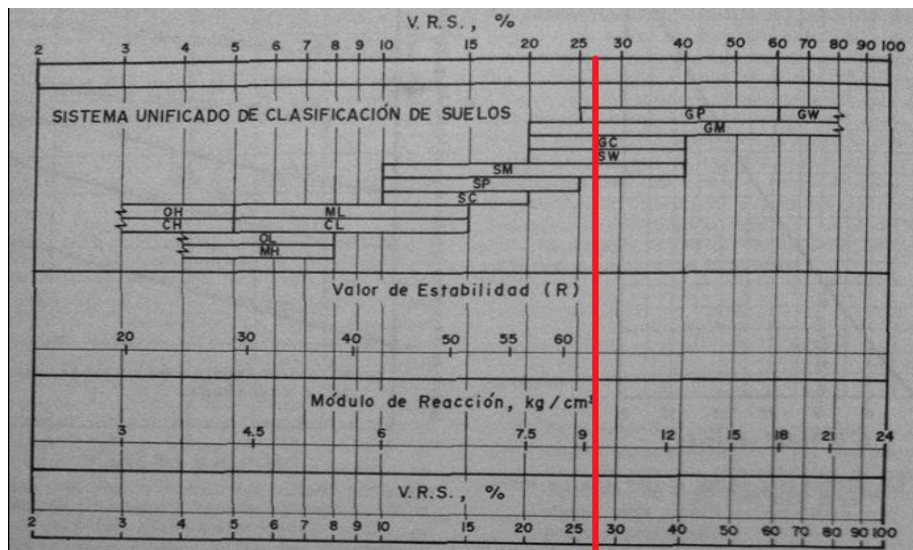
$$f'c = MR / 0.12$$

Calculando

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

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

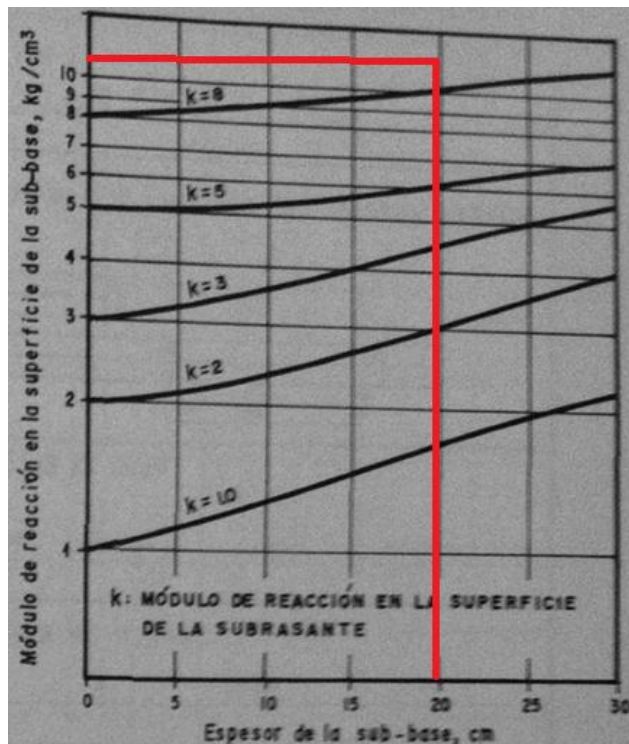
Otro dato necesario es el Módulo de Reacción (K), el cual se obtiene con el VRS obtenido anteriormente que para este caso fue del 27% y con ese dato se entra a la gráfica que a continuación se mostrara.



Gráfica 5.1 Obtención del Módulo de Reacción.

Fuente: Rico y Del Castillo; 212: 1994.

Se entra a la gráfica con el VRS obtenido el cual es de 27% y se sube en línea recta hasta llegar al Módulo de Reacción el cual es aproximadamente de 9.25 Kg /cm³. Este valor obtenido aún es necesario mejorarlo, para ello es necesario proponer el espesor de la sub-base el cual será de 20 cm. Con estos 2 datos se entra a la siguiente gráfica para obtener el Módulo de Reacción mejorado.

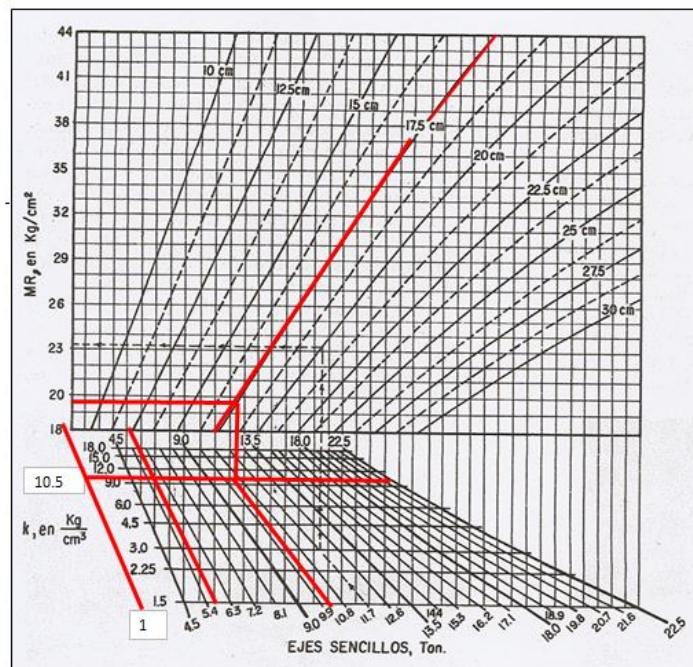


Gráfica 5.2 Obtención del Módulo de Reacción mejorado.

Fuente: Rico y Del Castillo; 211: 1994

Se obtuvo un Módulo de Reacción mejorado entrando con el espesor de la sub-base propuesto 20 cm y el Módulo de Reacción de 9.25 Kg /cm³, para lo cual nos da como resultado un Módulo de Reacción Mejorado de 10.5 Kg /cm³.

Ahora es necesario utilizar la gráfica siguiente para conocer el esfuerzo actuante en ejes sencillos (MR), para ello es necesario proponer un espesor de losa de concreto hidráulico para este caso se propondrá 17.5 cm, el Módulo de Reacción Mejorado (K) de 10.5 Kg /cm³, y los pesos en ejes sencillos de acuerdo al tipo de vehículo, en este caso los pesos son de 1 t, 5.5 t, 10 t.

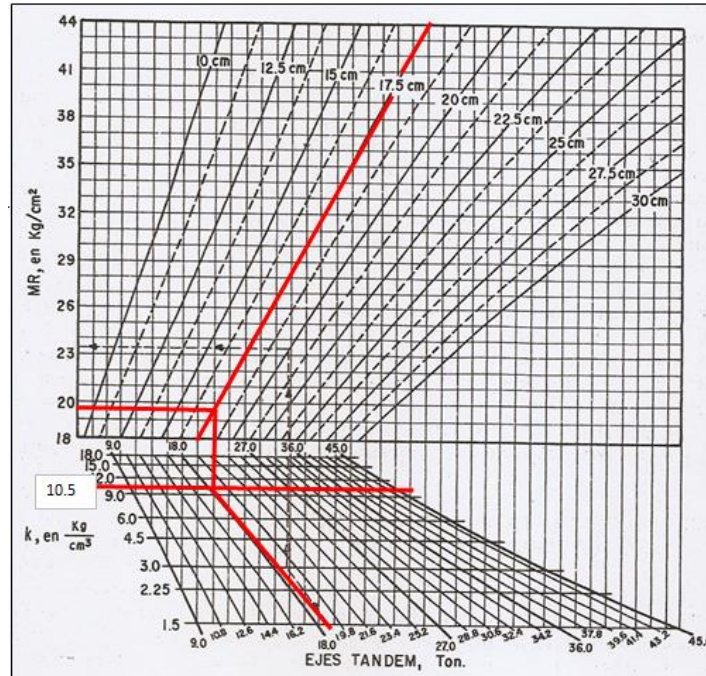


Gráfica 5.3 Obtención del esfuerzo actuante en ejes sencillos.

Fuente: Rico y Del Castillo; 222: 1994.

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

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



Gráfica 5.4 Obtención del esfuerzo actuante en ejes tándem.

Fuente: Rico y Del Castillo; 222: 1994.

Al entrar con los valores correspondientes se obtiene que para 18 t se tiene un MR de 19 Kg /cm². Ahora al tener los valores de MR para ejes sencillos y ejes tándem es necesario calcular la relación de resistencias, la cual solo se calculará para los valores de MR mayor a 18 Kg /cm² los que sean menores se tomará una relación de resistencias de 0.50. Esta relación de resistencias se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$R_r = (MR \text{ (actuante)}) / (MR \text{ (disponible)})$$

Calculando para ejes sencillos:

$$Rr = 19/36$$

$$Rr = 0.53$$

Calculando para ejes tándem:

$$Rr = 19/36$$

$$Rr = 0.53$$

Con los valores de relación de resistencias calculados se procede a entrar a la tabla 5.3, en la cual indicará el número permisible de repeticiones.

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

Tabla 5.3 Obtención del número permisible de repeticiones.

Fuente: Rico y Del Castillo; 215: 1994.

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

$$PFC = (\text{Repeticiones esperadas}) / (\text{Repeticiones permisibles})$$

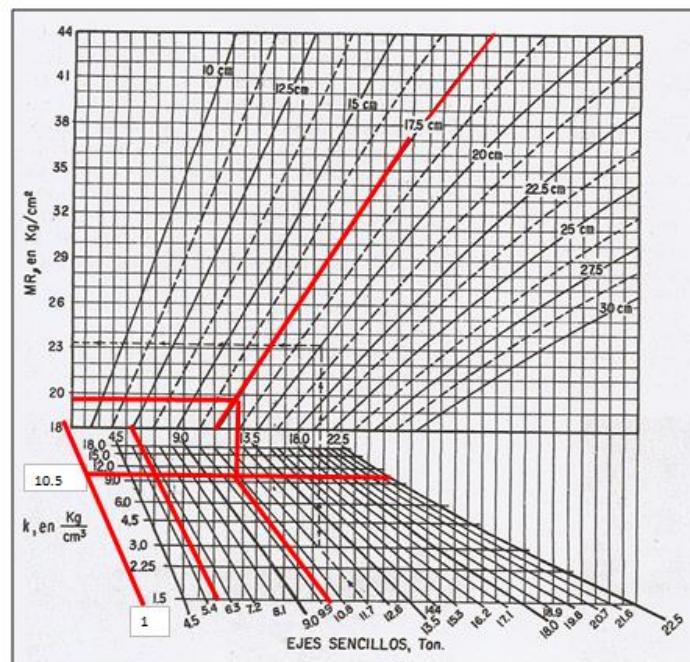
Teniendo todos los datos anteriores se procede a mostrar la segunda parte de la hoja de cálculo para determinar si es factible el espesor de losa de concreto hidráulico propuesto de 17.5 cm.

CÁLCULO DEL ESPESOR.					
Modulo de Ruptura $kg/cm^2 =$	36.00	Concreto f_c $kg/cm^2 =$	300.00		
Factor de seguridad=	1.0	Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.			
Determinación de la capacidad cortante de la capa de apoyo.					
%VRS	27.00	VRS de diseño saturado:	27.00		
Obtención del Módulo de reacción de la capa de apoyo "K", utilizando una subbase de buena calidad y espesor (cm):					
Módulo de Reacción "k" mejorado =	10.50	20.00			
Tomando en cuenta los datos del tránsito y las propiedades mecánicas del concreto se determinará la fatiga consumida mediante la siguiente tabla.					
SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 17.5 CM.					
Peso por Eje	Peso afectado por F.S.	Esfuerzo actuante	Relación de Esfuerzos	Repeticiones permisibles	Porcentaje de Fatiga consumido
EJES SENCILLOS					
1.0	1.0	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
5.5	5.5	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
10.0	10.0	19.0	0.53	240,000.00	370.2%
EJES TANDEM					
18.0	18.0	19.0	0.53	240,000.00	265.3%
SUMA =					635%

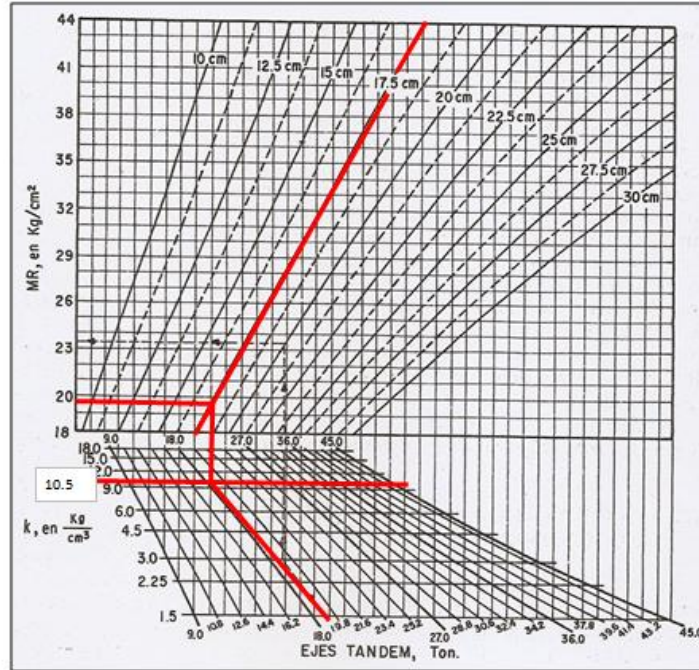
Al calcular y sumar el porcentaje de fatiga consumido da como resultado un 635%, el cual indica que el espesor de losa de concreto hidráulico propuesto de 17.5 cm no es factible debido a que es mayor del 100% y, por lo tanto, no se acepta, por esta razón se propondrá un MR de 40 y un espesor de 15 cm y los resultados se muestran en la tabla siguiente:

CÁLCULO DEL ESPESOR.					
Modulo de Ruptura $\text{kg/cm}^2 =$	40.00	Concreto $f_c \text{ kg/cm}^2 =$	333.33		
Factor de seguridad=	1.0	Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.			
Determinación de la capacidad cortante de la capa de apoyo.					
%VRS	27.00	VRS de diseño saturado:	27.00		
Obtención del Módulo de reacción de la capa de apoyo "K", utilizando una subbase de buena calidad y espesor (cm):					
Módulo de Reacción "k" mejorado =	10.50				
Tomando en cuenta los datos del tránsito y las propiedades mecánicas del concreto se determinará la fatiga consumida mediante la siguiente tabla.					
SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 15 CM.					
Peso por Eje	Peso afectado por F.S.	Esfuerzo actuante	Relación de Esfuerzos	Repeticiones permisibles	Porcentaje de Fatiga consumido
EJES SENCILLOS					
1.0	1.0	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
5.5	5.5	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
10.0	10.0	24.0	0.60	32,000.00	2776.4%
EJES TANDEM					
18.0	18.0	25.0	0.63	14,000.00	4548.1%
SUMA =					7324%

Con esta nueva propuesta el porcentaje de fatiga se incrementa en gran medida por lo que a continuación se propone que el pavimento tenga un espesor de 17.5 cm y un MR= 40 y los resultados son los siguientes:



El valor de MR actuante de los ejes sencillos para este pavimento es de 19 mientras que para el MR de ejes tunden se muestra en la tabla siguiente:



Para este caso el MR de los vehículos con eje tándem es de 19, ahora se procede a calcular la relación entre el MR actuante contra el MR disponible:

Calculando para ejes sencillos:

$$Rr = 19/40 \qquad Rr= 0.47$$

Calculando para ejes tándem:

$$Rr = 19/40 \qquad Rr= 0.47$$

Y como anteriormente se mencionó que las relaciones de MR actuante y MR disponible menores a .50 se tomarán como infinitas, la tabla nos queda de la siguiente manera.

CÁLCULO DEL ESPESOR.					
Modulo de Ruptura $\text{kg/cm}^2 =$	40.00	Concreto $f_c \text{ kg/cm}^2 =$	333.33		
Factor de seguridad=	1.0	Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.			
Determinación de la capacidad cortante de la capa de apoyo.					
%VRS	27.00	VRS de diseño saturado:	27.00		
Obtención del Módulo de reacción de la capa de apoyo "K", utilizando una subbase de buena calidad y espesor (cm):					
Módulo de Reacción "k" mejorado =	10.50				
Tomando en cuenta los datos del tránsito y las propiedades mecánicas del concreto se determinará la fatiga consumida mediante la siguiente tabla.					
SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 17.5 CM.					
Peso por Eje	Peso afectado por F.S.	Esfuerzo actuante	Relación de Esfuerzos	Repeticiones permisibles	Porcentaje de Fatiga consumido
EJES SENCILLOS					
1.0	1.0	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
5.5	5.5	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
10.0	10.0	19.0	0.48	INFINITAS	0.0%
EJES TANDEM					
18.0	18.0	19.0	0.48	INFINITAS	INFINITAS
SUMA =					0%

Utilizando el procedimiento explicado anteriormente da como resultado la suma de porcentaje de fatiga consumido 0%, lo cual indica que el espesor propuesto es factible y es utilizable para el pavimento. Por lo tanto, el diseño de espesores queda de la siguiente manera:



Figura 5.1 Estructura del Pavimento

Fuente: Propia.

Concreto Hidráulico MR=40 de 17.5 cm de espesor.

Base Hidráulica VRS min 50 con un espesor de 20 cm

Terreno Natural.

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

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

Tabla 5.3 Determinación de varillas y longitudes.

Fuente: Manual del Constructor; 180: 2003.

En la tabla anterior se determinó el tamaño de varilla y distancias para las juntas longitudinales de acuerdo al espesor del pavimento, que para este caso es de 17.5 cm. Y por tanto quedan de la siguiente manera:

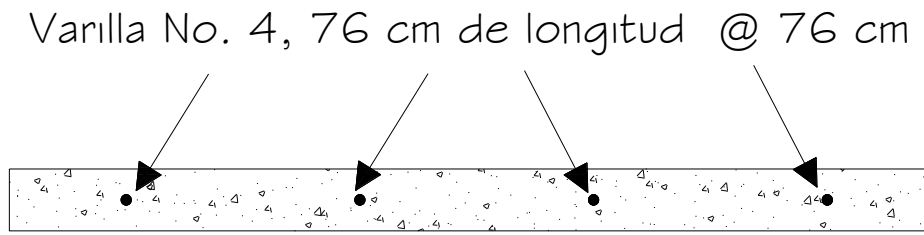


Figura 5.2 Ubicación de acero Longitudinal

Fuente: Propia

Ahora se determinará el diseño de pasajuntas las cuales se usan en las juntas transversales para transferir las cargas a las losas adyacentes. El esfuerzo y la deflexión en la junta son mucho más pequeños cuando las cargas son soportadas por dos losas. El uso de pasajuntas puede minimizar las fallas de bombeo y de diferencia de elevación de juntas, las cuales han sido consideradas por la PCA como factores importantes en el diseño de espesor. En la tabla 5.4 se determinará el tamaño de varilla y distancias de acuerdo al espesor del pavimento en este caso 17.5 cm.

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

Tala 5.4 Diámetros y longitudes recomendadas en pasajuntas.
Fuente: Manual del Constructor; 182: 2003.

Por lo tanto, el diseño de las pasajuntas del pavimento rígido será de la manera siguiente:

Varilla No. 8, 46 cm de longitud @ 30 cm



Figura 5.3 Ubicación de acero transversal

Fuente: Propia.

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

La modulación de losas va a estar regida por la separación de las juntas transversales que a su vez depende del espesor del pavimento. Existe una regla

práctica que permite dimensionar los tableros de las losas para inducir el agrietamiento controlado bajo sus cortes, sin necesidad de colocar acero de refuerzo continuo. La cual se expresa de la manera siguiente:

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

Dónde:

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

D = Espesor del pavimento.

Calculando para un espesor de 17.5 cm.

$$SJT = (24) \times 17.5$$

$$SJT = 420 \text{ cm} < 500 \text{ cm}$$

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

$$0.71 < X / Y < 1.4$$

En donde:

X = Distancia vertical de la losa.

Y = Distancia horizontal de la losa.

Calculando se tiene:

$$4.2 / 3.5 = 1.2$$

$$0.71 < 1.2 < 1.4$$

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

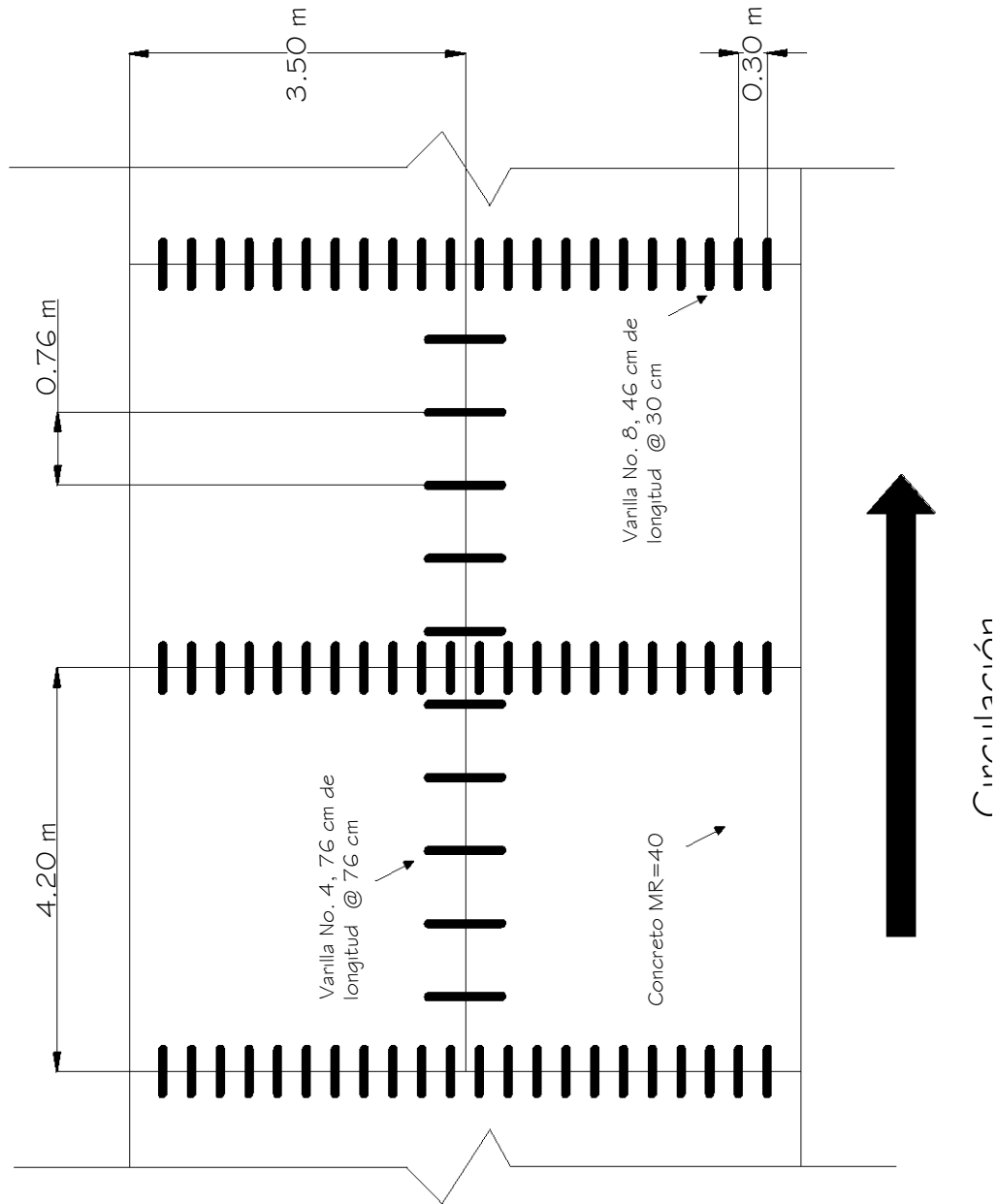


Figura 5.4 Croquis de armado

Fuente: Propia.

La figura 5.4 Muestra el Croquis de la losa de concreto hidráulico con un espesor de 17.5 cm, realizada con concreto hidráulico de un Módulo de ruptura de $40\text{Kg}/\text{cm}^2$ en la cual se utilizarán juntas longitudinales con varilla del No. 4 de 76 cm de longitud @ 76 cm y juntas transversales con varilla del No. 8 de 46 cm de longitud @ 30 cm. También se contemplan acotamientos de concreto hidráulico, conformados con las mismas características del concreto utilizado en las losas principales.

Por debajo de las losas de concreto hidráulico, se conformará una capa de sub-base con un espesor de 20 cm, la cual deberá cumplir con las especificaciones correspondientes de la normativa SCT.

CONCLUSIONES.

Con los resultados obtenidos del diseño del pavimento realizado, se concluye que el objetivo de la presente investigación el cual era seleccionar y diseñar el pavimento que se utilizará en las vialidades del interior en el proceso de urbanización en la colonia Tejerías que se encuentra ubicada en la zona oriente de Uruapan Mich. queda satisfactoriamente realizado.

Así mismo dentro de la presente tesis se planteó la siguiente pregunta de ¿Qué tipo de pavimento es mejor para el proceso de urbanización de la Colonia Tejerías de Uruapan, Mich.? Para lo cual se respondió adecuadamente al diseñar la estructura de pavimento rígido para las calles de dicha colonia de acuerdo a los requerimientos que estas presentaban, mediante el uso y comprensión de uno de los métodos más utilizados en la actualidad para este tipo de estructuras, en la cual se analizaron dos opciones en cuestión de espesores propuestos y con ello se obtuvo la estructuración más adecuada en cuestión de análisis teórico.

Por otro lado, se le dio respuesta a los demás objetivos planteados en la presente tesis, como el de definir que es un pavimento el cual se supo que es como la capa o conjunto de capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento de cualquier obra vial, la cual tiene como finalidad proporcionar una superficie de rodamiento uniforme y estable, resistente al tránsito de los vehículos, el intemperismo ocasionado por los agentes naturales y a cualquier otro agente que provoque algún daño.

Se cumplió también con el objetivo de señalar como se clasifican los pavimentos en dos tipos: los flexibles y los rígidos y mostrar cuales son las diferencias que existen entre ellos, la cual radica en la forma de transmitir los esfuerzos a las capas inferiores, ya que los pavimentos flexibles tienen la característica de que la superficie de rodamiento está proporcionado por una carpeta asfáltica y la distribución de todas las cargas proporcionadas por los vehículos hacia capas inferiores se generan por características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales, mientras que por otro lado el pavimento rígido tiene una 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. De acuerdo con estos datos se optó por el diseño de un pavimento rígido debido a las características del suelo donde se desplantaría la estructura.

BIBLIOGRAFIA

Arnal Simón, Luis y Betancourt Suarez, Max (2008).

Reglamento de Construcciones para el distrito Federal.

Ed. Trillas. México.

Concretos CEMEX. (2003)

Manual del Constructor, CEMEX.

Concretos CEMEX. México.

Crespo Villalaz, Carlos (1996)

Vías de comunicación: caminos ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos.

Ed. Limusa. México.

Dirección General de Servicios Técnicos (1986)

Manual De Dispositivos Para El Control Del Tránsito En Calles y Carreteras.

SCT, México.

D.O.F. Congreso de Michoacán de Ocampo (2011)

Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán de Ocampo

México.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2010)

Metodología de la Investigación.

Ed. McGRAW-HILL. México.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. (2006)

Pavimentos de Concreto para Carreteras.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C.

Juárez Badillo, Rico Rodríguez (2002)

Mecánica de Suelos (Tomo 1)

Ed. Limusa. México.

Juárez Badillo, Rico Rodríguez (2004)

Mecánica de Suelos (Tomo 2)

Ed. Limusa. México.

Mier Suarez, Jose 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 las vías terrestres

Ed. CECSA, México.

Reyes Ibarra, Mario Alberto y Hernández Navarro, Antonio (2009)

Tratamiento de Errores en Levantamientos Topográficos

INEGI, México.

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

Ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas.

(Volumen 1)

Ed. Limusa. México.

Secretaria de Comunicaciones y transportes (1991)

Manual de proyecto geométrico de carreteras

SCT, México.

Tamayo y Tamayo, Mario (2000)

El proceso de la Investigación Científica.

Ed. Limusa. México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

<http://ciudadesimportantes.com/ciudad-industrial-cambios-morfologia-urbana/>

<http://clausviz.blogspot.mx/>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n>

http://es.wikipedia.org/wiki/Nivelaci%C3%B3n#mediaviewer/Archivo:Unidad_06_imagen_017.jpg

<http://es.wikipedia.org/wiki/Urbanismo>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Urbanizaci%C3%B3n>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Uruapan_\(municipio\)#mediaviewer/Archivo:Uruapan_en_Michoacan.svg](http://es.wikipedia.org/wiki/Uruapan_(municipio)#mediaviewer/Archivo:Uruapan_en_Michoacan.svg)

<http://historiaeuropa.files.wordpress.com/2012/06/ciudad-medieval-4.jpg>

<http://normas.imt.mx/barra.php?tm=1>

http://urb-1-udi-alejandroescobar.blogspot.mx/p/barroco_3.html

http://www.canacem.org.mx/tipos_de_cemento.htm

<http://www.ciceana.org.mx/recursos/Urbanizacion.pdf>

<http://www.fao.org/docrep/006/v4860s/v4860s02.htm>

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle2.aspx?c=2354&upc=0&s=geo&tg=999&f=2&cl=0&pf=Prod&ef=0&ct=206000000>