

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 LA CORTINA EN LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACÁN.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Jorge Alberto Molina Garcia

Asesor:

I.C. Guillermo Navarrete Calderón

Uruapan, Michoacán, a 17 de junio del 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

Introducción.

Antecedentes	1
Planteamiento del problema	2
Objetivo	3
Pregunta de investigación	4
Justificación	4
Marco de referencia	5

Capítulo 1.- Urbanización.

1.1 Normatividad para el desarrollo de proyectos de urbanización	6
1.2 Topografía	10
1.2.1 Tipos de levantamientos topográficos	11
1.2.2 Teoría de medición y los errores	12
1.2.3 Planimetría	13
1.2.4 Tipos de mediciones en topografía	13
1.2.5 Métodos de levantamientos con longímetros	15
1.2.6 Poligonales	18

1.2.7 Nivelación diferencial	20
1.3 Mecánica de suelos	21
1.3.1 Propiedades de los suelos	21
1.3.2 Factores geológicos influyentes	22
1.3.3 Tipos de suelos	22
1.3.4 Relaciones entre volúmenes y pesos	23
1.3.5 Granulometría en los suelos	25
1.3.6 Plasticidad	27
1.3.7 Clasificación del suelo	29
1.3.8 Identificación de suelo	32
Capítulo 2.- Pavimentación.	
2.1 Vialidades Urbanas	33
2.1.1 Clasificación de las vialidades	33
2.1.2 Dispositivos de control de tránsito	36
2.1.3 Señalamientos	37
2.2 Pavimentos	43
2.2.1 Tipos de pavimentos.	44

2.2.2 Capas de los pavimentos flexibles	46
2.2.3 Carpetas asfálticas	47
2.2.4 Carpetas por el sistema de riego	48
2.2.5 Carpetas de concreto asfáltico	49
2.2.6 Tipos de fallas en los pavimentos	49
2.2.7 Pavimentos rígidos	51
2.2.8 Esfuerzos sujetos a los pavimentos de concreto hidráulico	52
2.2.9 Agrietamiento del concreto hidráulico	53
2.2.10 Tipos de juntas	54
2.2.11 Fallas en los pavimentos rígidos	57
 Capítulo 3.- Resumen ejecutivo de macro y microlocalización.	
3.1 Generalidades	58
3.1.1 Objetivo	60
3.1.2 Alcance del proyecto	60
3.2 Resumen ejecutivo	60
3.3 Entorno geográfico	61
3.3.1 Macro y microlocalización	63

3.3.2 Topografía	64
3.3.3 Geología	64
3.3.4 Hidrología y clima	65
3.3.5 Uso del suelo	66
3.4 Estado físico actual	67
3.5 Planteamiento de alternativas	68
3.5.1 Alternativas de solución	69
 Capítulo 4.- Metodología.	
4.1 Método empleado	70
4.1.1 Método matemático	71
4.2 Enfoque de la investigación	71
4.2.1 Alcance de la investigación	72
4.3 Diseño de la investigación	72
4.4 Instrumentos de recopilación de información	74
4.5 Descripción del proceso de investigación	75
 Capítulo 5.- Análisis e interpretación de resultados.	
5.1 Aforo vehicular	76

5.2 Valor Relativo de Soporte (VRS)	78
5.3 Diseño de pavimento rígido	81
5.3.1 Cálculo del TPDA	83
5.3.2 Cálculo del volumen total de vehículos esperados (VT)	85
5.4 Diseño de las juntas	96
Conclusiones	103
Bibliografía	106

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

La urbanización “es un conjunto de viviendas situadas generalmente en un antiguo medio rural junto a otras poblaciones.” (www.wikipedia.org), en general en México se denominan colonias.

En ingeniería civil la pavimentación proviene de la definición de pavimento, el cual se denomina también a “los conectores de vías de comunicación con asfalto combinados naturales.” (www.wikipedia.org)

En ingeniería civil la pavimentación forma parte del firme, la cual es la capa constituida por varios materiales que se colocan en un terreno nivelado o natural, para que puedan circular las personas o vehículos. Entre los materiales más utilizados en la pavimentación urbana, industrial y vial, se encuentran los materiales rocosos, el hormigón y las mezclas asfálticas. En la actualidad se encuentran en investigación pavimentaciones que ayudan al medio ambiente como lo es el formado por Noxer.

Una de las primeras formas de pavimentación fue la calzada romana construida en varios tramos. Esta gran obra de ingeniería logro que varios tramos de esta misma calzada hayan resistido por varios siglos y los podamos ver hoy en día.

Al realizar la búsqueda de tesis relacionadas con el tema en cuestión, se encontró que en el año 2012, Joaquín Galván Sierra realizó una investigación titulada

“Propuesta de pavimento rígido para las vialidades del fraccionamiento Campestre Zumpimito segunda etapa, en la ciudad de Uruapan, Michoacán”, cuyo objetivo es “Diseñar la estructura del pavimento rígido para las vialidades internas del fraccionamiento denominado Campestre Zumpimito segunda etapa el cual se proyecta en la zona sur de la ciudad de Uruapan Michoacán, basados en los principales métodos de diseño para este tipo de estructura.”

Siguiendo con la búsqueda se encontró que en el año 2011, Cristian Pérez Sepúlveda realizó una investigación titulada “Diseño de la estructura de pavimento rígido en el Boulevard Industrial del km 9+800 al km 10+900 en la ciudad de Uruapan, Michoacán” cuyo objetivo es “Diseñar la estructura de un pavimento rígido para el boulevard industria.”

Para terminar con la búsqueda de tesis se encontró que en el año 2012, Iván Manzo Ferrer y Martin Montaña Magaña, realizaron una investigación titulada “Alternativa de proyecto geométrico, obra de drenaje y pavimentación de la carretera Ciudad Hidalgo-Casas Pintas, del km 3+000 al km 5+000” cuyo objetivo general era “dar una alternativa de modernización de la carretera ubicada en el municipio de ciudad hidalgo del tramo carretero ciudad hidalgo-casas pintas, del km 3+000 al km 5+000”

Planteamiento del problema.

Uno de los principales problemas encontrados en la ciudad de Uruapan Michoacán, es la pavimentación y la urbanización de muchas colonias en las que se

encuentran instituciones escolares como son: las primarias, secundarias, preparatorias, provocando así un riesgo para los estudiantes y el público en general que transitan por dichas colonias.

Siendo la principal causa el incremento de la población, la cual genera una gran problemática, ya que al incrementar la población se necesita también incrementar la pavimentación y urbanización de más zonas, las cuales si no cuentan con esta infraestructura ponen en riesgo a la población que habita dichas localidades, cabe destacar que los principales afectados por esta problemática son las personas que transitan y habitan estas localidades.

Una solución para esta grave problemática sería el diseño de la pavimentación y urbanización de dichas colonias, ya que al tener esta infraestructura o estos servicios mejorara la calidad de vida de los habitantes.

Objetivos.

Objetivo general.

Diseñar el proyecto de pavimentación para la urbanización de la colonia la Cortina en la ciudad de Uruapan Michoacán.

Objetivos particulares.

- 1.- Definir conceptualmente el término urbanización.
- 2.- Señalar los requisitos legales para urbanizar una colonia.
- 3.- Determinar el estado físico de las vialidades de la colonia en estudio.
- 4.- Determinar el concepto de pavimentación.
- 5.- Señalar el procedimiento de pavimentación.
- 6.- Diseñar la sección del proyecto para la pavimentación de la colonia La Cortina en la ciudad de Uruapan, Michoacán.

Pregunta de investigación.

¿Cuál es el diseño del proyecto de pavimentación para la urbanización de la colonia la Cortina de la ciudad de Uruapan, Michoacán?

Justificación.

Existen muchos problemas de pavimentación y urbanización, en colonias, calles, avenidas, etc. El cual indica que se debe resolver la problemática, la cual lleva a decir que hay una ineficiencia en la pavimentación y urbanización en la ciudad de Uruapan, Michoacán.

Las colonias o zonas más afectadas son las de las afueras u orillas de esta ciudad, por lo que es conveniente tomar la decisión de pavimentar estas colonias tomando en cuenta la calidad, funcionalidad y economía de dicha infraestructura por lo que es importante llevar a cabo esta investigación, demostrando así que se puede resolver y dar solución a cualquier tipo de problema que se presente en toda la sociedad.

Así, el presente estudio beneficiará principalmente al investigador al resolver la duda que lo llevó a iniciarla, así como también a los jóvenes estudiantes y público en general que circulan por las ya mencionadas calles, además de que la ingeniería civil se verá enriquecida, ya que se realizarán aportes al llevar a cabo la investigación, beneficiara también a la comunidad estudiantil de la escuela de ingeniería civil de la Universidad Don Vasco A. C. ya que será un documento de consulta y además sirve a todos aquellos interesados en el tema de diseño de pavimentación para la urbanización de colonias en Uruapan Michoacán.

Marco de referencia.

La República Mexicana cuenta con 31 Estados y 1 Distrito, dentro de ellos se encuentra el estado de Michoacán, donde se ubica el municipio de Uruapan, la cual es la segunda ciudad más importante de este estado y la Capital Mundial del Aguacate, ya que cuenta con un gran clima para producir cualquier cultivo, por lo tanto cuenta con gran cantidad de huertas de aguacate.

CAPÍTULO 1

URBANIZACIÓN

En este capítulo se hablará de la normatividad que se debe cumplir al realizar la urbanización, al igual se señalarán los conceptos básicos de la topografía y mecánica de suelos, los cuales son muy importantes para iniciar el proceso de urbanización o de cualquier estructura que se desee construir. De igual manera se hablará de los tipos de levantamientos que se encuentran en la topografía, de los tipos de suelos y cuál es su clasificación.

1.1 Normatividad para el desarrollo de proyectos de urbanización.

Según el Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán de Ocampo en el artículo 290 los desarrollos autorizados por el estado se clasifican de la siguiente manera:

a) Habitacionales urbanos:

1.- Residencial.

2.- Medio.

3.- Interés social.

4.- Popular.

5.- Mixto.

b) Habitacionales suburbanos:

1.- Campestre.

2.- Rustico tipo granja.

c) Comerciales:

1.- Venta al detalle.

2.- Venta al mayoreo o bodegas.

d) Industriales:

1.- Contaminante.

2.- No contaminante.

e) Cementerios.

Siguiendo con el Código de Desarrollo Urbano en el artículo 292, señala que todos los proyectos de urbanización y de construcción en los desarrollos deben pegarse a las normas técnicas siguientes:

a) Diseño urbano.

b) Diseño de sistemas de agua potable, alcantarillado y pluvial.

c) Diseño de vialidad.

d) Diseño de electrificación y de alumbrado público.

En el artículo 293 dice que todas las normas de diseño urbano son las que regularán el proyecto de desarrollo, como lo son la zonificación, las dimensiones de los lotes y manzanas, las dimensiones de población y construcción, áreas verdes y de donación y por último el equipamiento.

Retomando lo señalado en el Código de Desarrollo Urbano el artículo 295 señala que queda prohibido el establecimiento de desarrollos urbanos en lugares no aptos según las normas de desarrollo urbano, o en zonas alejadas de los servicios públicos, insaludables, inundables y en general vulnerables, al menos que se construyan las obras necesarias para el desarrollo urbano.

El artículo 297 mencionado en el Código de Desarrollo Urbano menciona que las áreas de donación no podrán ser objeto de enajenación. El cincuenta por ciento deberá destinarse para áreas verdes, parques o plazas públicas, y el otro cincuenta por ciento se destinará para la construcción de equipamiento educativo, áreas recreativas o deportivas, e instalaciones de comercio, salud y asistencia pública. Las áreas de donación tendrán que cumplir las siguientes características:

- a) Ubicarse dentro del desarrollo.
- b) Integrar un solo polígono.
- c) Las vialidades que la circulen deberán estar urbanizadas.

Según el artículo 301 las normas de vialidad son las que regulan el proyecto de desarrollo, con las especificaciones y dimensiones de las vialidades, pavimentos,

banquetas y guarniciones, así mismo con la nomenclatura en la circulación de estas mismas.

También en el artículo 302 señala que las vialidades de desarrollo urbano se clasifican de la siguiente manera:

- a) Vialidades colectoras.
- b) Vialidades principales.
- c) Vialidades secundarias.

De acuerdo al artículo 305 las vialidades que conformen una vía alternativa tendrán las siguientes características:

a) Andadores: Son las que sirven exclusivamente para el paso de peatones, no podrán ser tomadas como áreas verdes o áreas de estacionamiento y su longitud máxima será de 90 metros.

b) Ciclo vías: tendrán una sección transversal de 1.5 metros, podrán ubicarse en parques públicos, deberán estar sobre camellones si se encuentran en sistemas viales.

Este código también señala que el diseño urbano de un desarrollo deberá respetar la estructura vial existente en los desarrollos coloniales, también señala que cualquiera de los tipos de vialidades a que se refiera el código tenga un cruce con vialidades de alta velocidad, ferrocarril, carretera o canal de riego, se requerirá un proyecto especial el cual se contemplará en el proyecto de urbanización del desarrollo.

Toda la electrificación, alumbrado público, señalamientos o cualquier otro tipo similar, deberá estar ubicado en las áreas de jardinería de las banquetas sin interferir con la circulación de peatones.

Todas las normas de electrificación y alumbrado público son las que regulan el proyecto de un desarrollo, en cuanto a las características especificaciones, capacidad y calidad de red, la determinará la Comisión de Federal de Electricidad y esta misma es la encargada de los servicios públicos.

1.2 Topografía.

De acuerdo con Montes (1981), la topografía es una ciencia que estudia los procedimientos para determinar las posiciones de puntos ubicados sobre la superficie terrestre. Estos elementos pueden ser, una elevación, una dirección y una distancia, o pueden ser dos distancias y una elevación. Para direcciones se emplean unidades de arco y para distancias se emplean unidades de longitud.

La mayor parte de los levantamientos tiene como principal objeto el cálculo de superficies y volúmenes, y la representación de estas en perfiles y planos. Existen dos tipos de levantamientos que son los topográficos, en estos se desprecia la curvatura de la tierra, y están los geodésicos, los cuales se considera la curvatura de la tierra.

1.2.1 Tipos de levantamientos topográficos.

Según Montes (1981), dentro de los levantamientos topográficos se encuentran los levantamientos siguientes:

a) Levantamiento de terrenos en general: este tipo de levantamiento tiene por objeto marcar linderos y localizarlos, medir superficies, ubicar terrenos y proyectar obras y construcciones.

b) Topografía de vías de comunicación: estos levantamientos se basan principalmente en estudiar y construir caminos, canales, líneas de transmisión y comunicación, ferrocarriles, etc.

c) Topografía de minas: tienen por objeto controlar la posición de los trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras superficiales.

d) Levantamientos catastrales: estos levantamientos son los que se hacen en las ciudades, municipios o zonas urbanas para estudiar las obras que se encuentren dentro de estas mismas.

e) Levantamientos aéreos: estos levantamientos son los que se hacen por medio de la fotografía, principalmente desde aviones y se usan como auxiliares para los otros tipos de levantamientos. La fotogrametría es la ciencia encargada del estudio de estos trabajos.

1.2.2 Teoría de medición y los errores.

Retomando lo mencionado por Montes (1981) la teoría se basa esencialmente en la geometría plana, geometría del espacio, trigonometría y matemáticas en general, basándose también en las cualidades o habilidades personales.

Todos los cálculos en la topografía están sujetos a las imperfecciones de los aparatos y al mal manejo de estos mismos; por lo tanto ninguna medida es exacta, y es por eso que la naturaleza y magnitud de los errores siempre debe estar comprendida para que se obtengan buenos resultados.

Las equivocaciones, a diferencia de los errores, son producidas por uno mismo, por distracciones, por falta de cuidado o en el peor de los casos por falta de conocimientos, y no se pueden controlar ni mucho menos estudiar.

Los errores en general son originados por los aparatos, por las personas y por la naturaleza. Dentro de los errores existen dos clases, los errores sistemáticos que “son los que, para condiciones de trabajo fijas en campo, son constantes y del mismo signo y por lo tanto son acumulativos” y los errores accidentales que “son los que se cometen indiferentemente en un sentido o en otro, y por tanto es igualmente probable que tengan signo positivo o negativo.” (Miguel Montes; 1981: 3)

Los errores sistemáticos se pueden corregir, aplicando medidas si se conoce el error, o aplicando métodos en el trabajo de campo para poderlos comprobar y a su vez corregirlos.

1.2.3 Planimetría.

La planimetría, según Miguel Montes (1981), se encarga del estudio de los procedimientos para fijar las posiciones de puntos, proyectados en un plano horizontal, sin tomar en cuenta sus elevaciones. Las medidas entre puntos pueden ser directas (son medidas con longímetros) o indirectas (se miden con telémetros).

Las medidas indirectas se estudian en los levantamientos taquimétricos, mientras que las medidas directas se calculan con longímetros, los cuales pueden ser de cinta de acero, de lienzo o de fibra de vidrio, las cintas son comúnmente conocidas y están hechas con eslabones metálicos de 20centímetros y a cada metro tiene una placa.

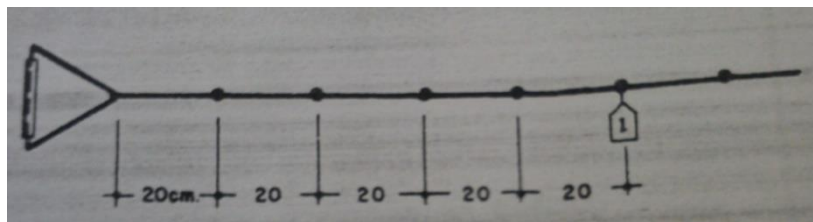


Imagen 1.1 Cinta de acero.

Fuete: Miguel Montes; 1981:4

1.2.4 Tipos de mediciones en topografía.

Partiendo de lo dicho por Montes (1981) el empleo de la cinta se puede utilizar en tres tipos de terreno:

a) Terreno horizontal: es preferible que los longímetros no toquen la superficie del terreno, porque los cambios de temperatura al arrastrarlo influyen en las medidas tomadas.

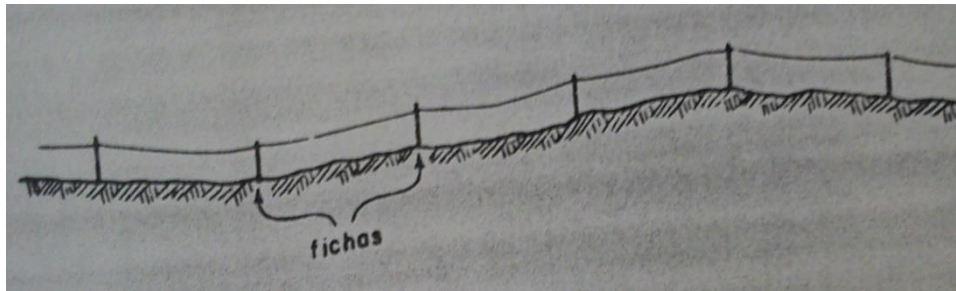


Imagen 1.2 Medición con cinta en terreno horizontal.

Fuente: Miguel Montes; 1981:5

b) Terreno inclinado: en terreno inclinado o pendiente constante se puede medir en tramos, poniendo la cinta horizontal a ojo.

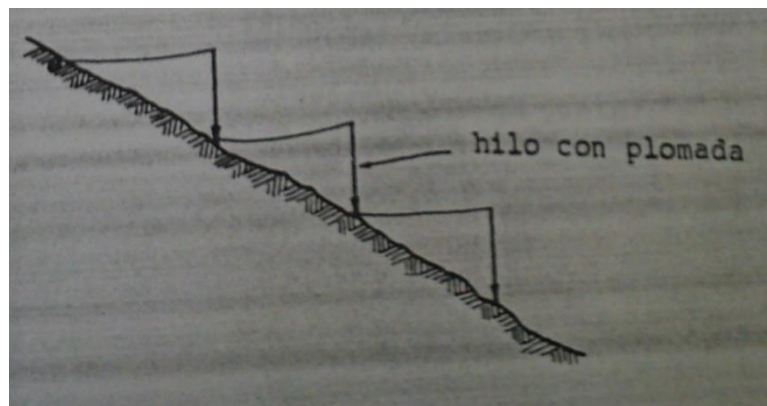


Imagen 1.3 Medición con cinta en terreno inclinado.

Fuente: Miguel Montes; 1981:5

c) Terreno irregular: en este tipo de terreno siempre se mide en tramos horizontales para evitar el exceso de medidas de inclinaciones de la cinta en cada tramo.

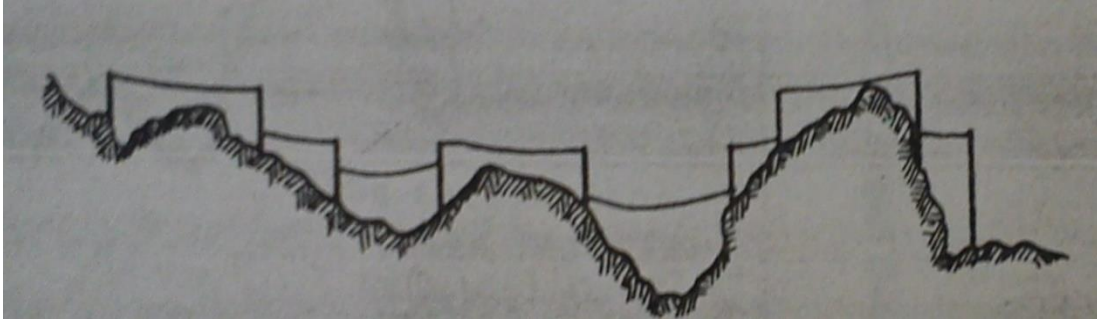


Imagen 1.4 Medición con cinta en terreno irregular.

Fuente: Miguel Montes; 1981:6

1.2.5 Métodos de levantamientos con longímetros.

a) Polígono de base triangulado: este método generalmente consiste en reconocimiento del terreno, trazo y medición del polígono de base, levantamiento de detalles, con relación al polígono, cálculo de los ángulos del polígono y dibujo de lo levantado.

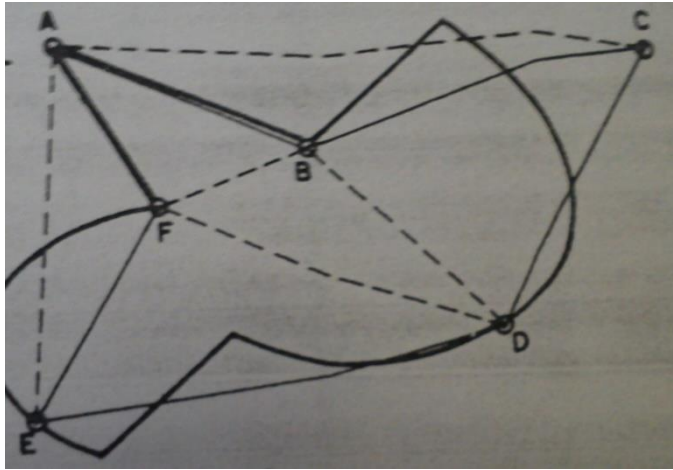


Imagen 1.5 Polígono de base triangulado.

Fuente: Miguel Montes; 1981:10

b) Polígono con lados de liga: en este método se mide a , b , c , en cada vértice, si se miden dos lados iguales el de liga resulta una cuerda de radio y se calcula el ángulo con la siguiente fórmula: $A = 2 \text{ang. Sen } b/2^a$

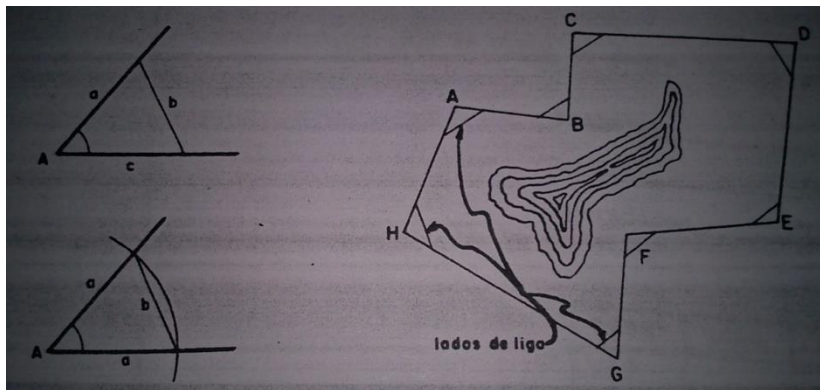


Imagen 1.6 Polígono con lados de liga.

Fuente: Miguel Montes; 1981:11

c) Prolongación de alineamiento: este método es adecuado para el levantamiento de terrenos irregulares.

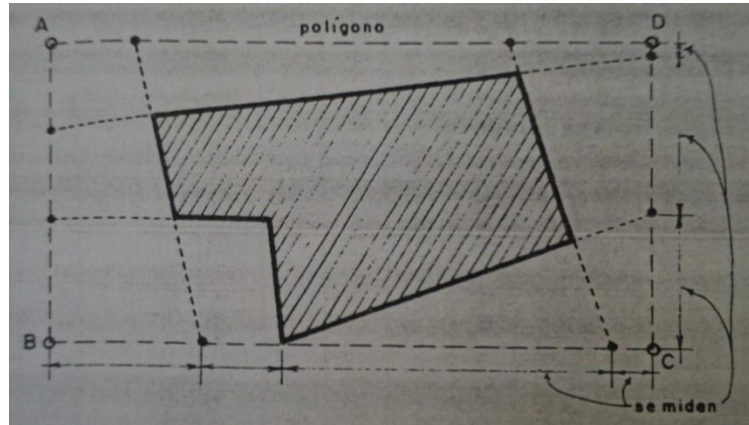


Imagen 1.7 Prolongación de alineamiento.

Fuente: Miguel Montes; 1981:12

d) Por coordenadas.

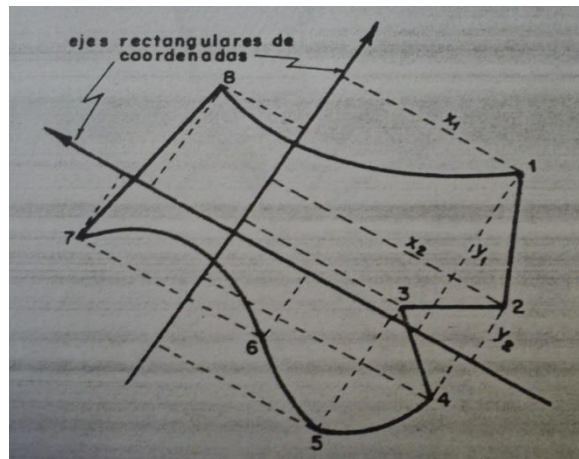


Imagen 1.8 Coordenadas

Fuente: Miguel Montes; 1981:12

e) Polígono triangulado con vértice central: este método no es muy usual, salvo que así lo requieran.

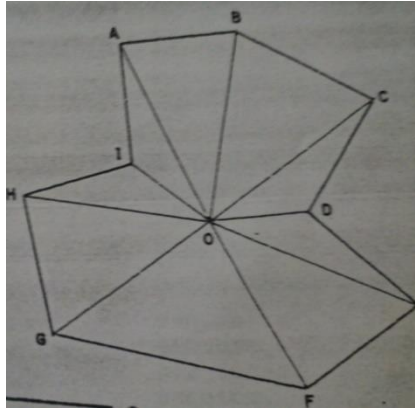


Imagen 1.9 Polígono triangulado con vértice central.

Fuente: Miguel Montes; 1981:13

1.2.6 Poligonales

Como señala el INEGI (2009), la poligonación es el método más factible horizontal empleado en la actualidad, sobre todo por la facilidad y la alta exactitud con la que se pueden medir distancias con los equipos existentes y la alta confiabilidad para la medición de ángulos.

Este método consiste en la medición de varias líneas consecutivas cuyas longitudes y direcciones se calculan a través de la medición directa de campo. Existen tres tipos de poligonales que son:

a) Poligonales cerradas: las poligonales cerradas son aquellas que inician y terminan en un mismo punto, así mismo formando un polígono cerrado analítica y geoméricamente.

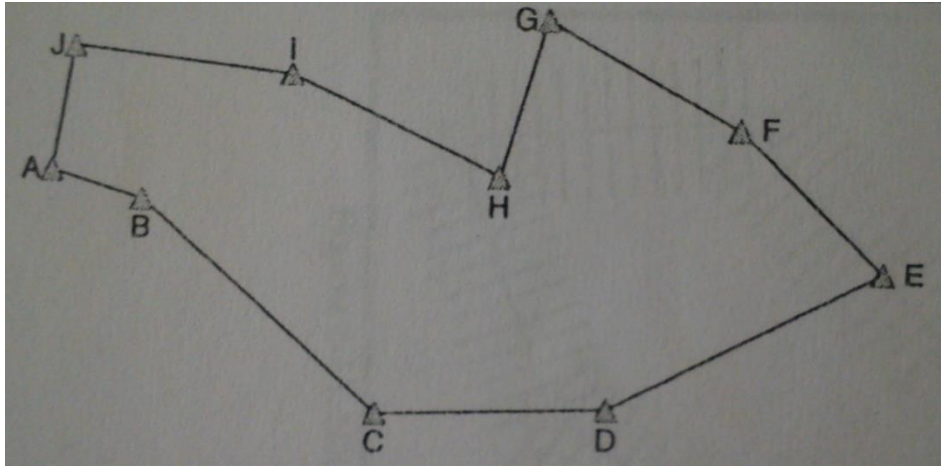


Imagen 1.10 Poligonal cerrada

Fuente: INEGI; 2009:116

b) Poligonal abierta geoméricamente pero cerrada analíticamente: este método consiste en que la poligonal “inicia en un vértice que forma parte de un lado del control conocido, de igual o mayor precisión y termina en otro de las mismas características.” (INEGI; 2009:116)

c) Poligonal abierta geométrica y analíticamente: es una serie de líneas sin punto de control, por lo que no se recomienda.

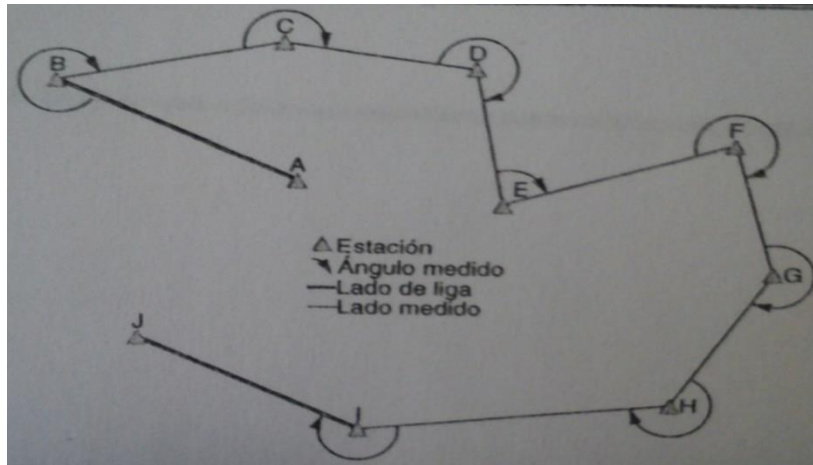


Imagen 1.11 Poligonal abierta geométrica y analíticamente.

Fuente: INEGI; 2009:116

1.2.7 Nivelación diferencial.

Como menciona el INEGI (2009), esta nivelación se efectúa cuando se desea determinar el desnivel de dos puntos diferentes. Si se conoce la cota de algún punto se podrá obtener la cota del otro punto, utilizando la siguiente fórmula:

$$AHab = Ebi - Efi$$

Donde:

AHab: Desnivel total entre el BNa y el BNb.

Ebi: Suma de lecturas hacia tras.

Efi: Suma de lecturas hacia adelante.

1.3 Mecánica de suelos.

La mecánica de suelos principalmente, “es la rama de la ingeniería civil que estudia la aplicación de las leyes de la mecánica e hidráulica a los problemas de ingeniería que trata con sedimentos y otras acumulaciones no consideradas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan contenido de materia orgánica.” (G. Carlos Arias; 2007:1)

1.3.1 Propiedades de los suelos.

De acuerdo con Arias (2007), las principales propiedades de los suelos que afectan las estructuras civiles son:

a) Compresibilidad: se relaciona a la deformación que sufre un material al aplicarle una carga o al disminuir su volumen.

b) Resistencia al corte: la resistencia de un material puede calcularse por el esfuerzo cortante máximo que puede soportar ese material; el esfuerzo límite es aquel que causará la falla en el material por fractura o flujo plástico.

c) Permeabilidad: este nos indica el flujo de agua que entra y sale en el suelo estando sujeta a un gradiente hidráulico.

1.3.2 Factores geológicos influyentes.

Los principales procesos que dan lugar a la alteración de las rocas son la desintegración mecánica y la descomposición química cuyas causas son:

Desintegración mecánica.

- 1.- Esfuerzos tectónicos.
- 2.- Efectos de los organismos.
- 3.- Cambios de temperatura.
- 4.- Congelación de agua.
- 5.- Efectos telúricos.
- 6.- Efectos de la gravedad.
- 7.- Efectos abrasivos del agua y viento.

Descomposición química.

La descomposición química es efectuada por el agua y otras sustancias naturales, lo que da lugar, en suelos finos.

1.3.3 Tipos de suelos.

a) Suelos residuales: retomando lo mencionado por G. Carlos Arias (2007) los suelos residuales son aquellos que permanecen en el sitio donde se formaron. Estos

suelos son muy factibles para construir cualquier edificación, al menos de que tenga huecos provocados por filtraciones de agua o que en el exista un alto grado de intemperismo.

b) Suelos transportados: con base en lo dicho por G. Carlos Arias (2007) estos suelos están conformados por alteraciones de las rocas removidas y depositadas en otro sitio diferente al de su origen, siendo los principales agente de transporte el agua, el viento, los glaciares, la gravedad, etc. De acuerdo a su forma de transporte estos suelos se clasifican de la siguiente forma:

1.- Suelos aluviales: el principal medio de transporte es el agua que dependiendo de su velocidad puede acarrear suelos gruesos o suelos finos.

2.- Suelos lacustres: estos suelos se pueden originar por acarreo, o por la pérdida de velocidad en ríos provocando así suelos muy finos.

3.- Suelos eólicos: estos suelos son los que han sido transportados y depositados por el viento.

4.- Depósitos de pie de monte: estos suelos son formados directamente por la gravedad y pueden estar conformados por gran variedad de materiales como lo son las rocas, gravas, arena y en ocasiones de materia orgánica.

1.3.4 Relaciones entre volúmenes y pesos.

a) Relación de vacíos: se denomina relación de vacíos, a la relación entre volúmenes de vacíos y volúmenes de sólidos en el suelo. Su medida es

adimensional por lo tanto sus valores fluctúan de cero al infinito. Para calcular este valor se utiliza la siguiente fórmula:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

b) Porosidad: se le denomina porosidad a la relación entre el volumen de vacíos y el volumen de su masa. La porosidad nos indica cuantos poros o huecos tiene una muestra de suelo, para poder calcular la porosidad se utiliza la siguiente fórmula:

$$n(\%) = \frac{V_v}{V_m}$$

c) Grado de saturación: esta es la relación entre el volumen del agua de un suelo y su volumen de vacíos. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$G_w(\%) = \frac{V_w}{V_v} * 100$$

d) Contenido de agua: este valor se obtiene al relacionar el peso del agua entre el peso de la fase solida del suelo. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

1.3.5 Granulometría en los suelos.

Según G. Carlos Arias (2007) la granulometría es la parte de la mecánica de suelo que se encarga del estudio de las formas y distribución de tamaños de las gravas o partículas que constituyen el suelo. Las formas del suelo pueden definirse como equidimensionales, placas y tubulares. Las primeras son propicias de los suelos gruesos, las placas son de las arcillas y micas, mientras que las tubulares son las menos comunes y se forman a partir de placas enrolladas, propias de algunas arcillas.

a) Suelos gruesos (análisis por mallas).

El análisis granulométrico sólo tiene sentido en los suelos gruesos. Los suelos gruesos bien graduados, tienen un comportamiento mecánico e hidráulico más favorable que los suelos de granulometría muy uniforme o uniforme. La medición de los granos de un suelo se efectúa de la siguiente manera:

1.- Análisis directo: “este tipo de medición puede hacerse en partículas de suelo de más de 3 pulgadas de tamaño con aparatos de precisión normales”. (G. Carlos Arias; 2007:32)

2.- Medición con mallas: “este análisis mecánico es el usado principalmente en suelos gruesos y su principio consiste en ordenar en forma descendente una serie de mallas (generalmente siete u ocho mallas), depositar al suelo previamente seco en el juego de mallas agitándolo en forma horizontal o vertical durante 5 o 10 minutos en un Roll-Tap o agitador, luego pesar el suelo retenido en cada malla teniendo mucho cuidado de evitar pérdidas de material, posteriormente, se calcula el porcentaje

retenido en cada malla con respecto al peso total de la muestra y el porcentaje que pasa respecto a dicho total. Por último, se grafica en escala semi-logarítmica el porcentaje de material que pasa, en peso, y el diámetro de la malla, formando ambos parámetros un sistema de ejes sobre el cual, una vez graficados los resultados, obtendremos la llamada curva de distribución granulométrica”. (G. Carlos Arias; 2007:32)

Este último método se utiliza para clasificar suelos gruesos, sin embargo se pueden presentar problemas para que las partículas pasen por las mallas más finas, cuando esto sucede se utiliza lavar el material, lógicamente el peso del material incrementa, al estar lavado el material se procede a secar para sacar el máximo de agua posible.

b) Suelos finos (análisis por hidrómetro).

Pocas veces se puede determinar la granulometría de los suelos finos, ya que no existen mallas más pequeñas que la número 200, por consiguiente se recurre al procedimiento del hidrómetro, este consiste en hacer una mezcla de suelo-agua la cual está basada en la hipótesis de Stokes, la cual nos dice que la velocidad de sedimentación de las partículas grandes es más mayor que de las pequeñas.

En suelos finos no es muy importante la granulometría y esto se debe en que los suelos finos el comportamiento depende principalmente de las formas de las partículas y su descomposición mineralógica, así los suelos finos de partículas laminares son más compresibles y más plásticos que los suelos de partículas

equidimensionales. Por lo tanto se pueden tener dos suelos finos con la misma granulometría pero con diferente comportamiento.

1.3.6 Plasticidad.

Como señala Juárez Badillo (2002) existen muchos suelos que al ser removidos cambian su contenido de agua y adoptan una consistencia característica, a esta se le denomina plasticidad. Por lo tanto, se conoce como plasticidad de un cuerpo a la capacidad de soportar deformaciones sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable, sin desmoronarse, ni agrietarse.

Estados y límites de consistencia, según G. Carlos Arias (2007) en el siguiente cuadro se muestran los estados que son fases por las que pasa un suelo al irse secando:

Estado de consistencia	líquido	Semilíquido	plástico	semisólido	sólido
propiedades y carácter del suelo	suspensión	comportamiento de un fluido viscoso	comportamiento plástico	contracción	no disminuye volumen al secarse

Tabla 1.1 Estados de consistencia.

Fuente: G. Carlos Arias; 2007:50

a) Límite líquido (LL): es el contenido de agua de un suelo fino cuya resistencia al esfuerzo cortante es de 25gr/cm². “La determinación del límite líquido se hace mediante tanteos, es decir, se efectúa una prueba en la copa de Casagrande y cuando se cierra la ranura se determina el contenido de agua, siendo que cuando se requieren justamente 25 golpes para cerrar la ranura hecha en la muestra de suelo, entonces, nos encontramos en el límite líquido”. (G. Carlos Arias; 2007:50)

b) Límite Plástico (LP): es el contenido de agua por el cual el suelo va perdiendo sus propiedades plásticas para pasar a un estado semisólido. “Su determinación se lleva a cabo en el laboratorio colocando aproximadamente 1 cm³ de mezcla agua-suelo sobre un vidrio pulido empezando a formar rollitos de ella con los dedos de diámetro de 3mm; en el momento en que, al seguir girando dichos rollitos estos se empiezan a agrietarse, entonces se dice que se está llegando al límite plástico, que se determina obteniendo rápidamente su contenido de agua”. (G. Carlos Arias; 2007:51)

c) Límite de contracción (LC): “es el contenido de agua a partir del cual el volumen del suelo permanece constante aunque la humedad disminuya. Este límite suele manifestarse visualmente por un cambio de tono de color obscuro o más claro al irse secando el suelo gradualmente”. (G. Carlos Arias; 2007:51)

Los límites anteriormente mencionados son especialmente importantes para describir la plasticidad.

1.3.7 Clasificación del suelo.

Retomando lo mencionado por G. Carlos Arias (2007) los suelos se clasifican en suelos gruesos, si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino si más de la mitad de sus partículas son finas. Dentro de los suelos gruesos, el sistema unificado de clasificación de suelo, considera a cada grupo con letras mayúsculas.

Simbolo	Significado
G	Gravas
S	Arenas y suelos arenosos

Tabla 1.2 Clasificación del suelo.

Fuente: G. Carlos Arias; 2007:68

Las gravas y las arenas se separan en la malla número 4 por lo que un suelo pertenecerá al grupo G si más del 50% de su fracción gruesa no pasa la malla número 4, y si sucede lo contrario el suelo pertenecerá al grupo S. Las gravas y las arenas dan lugar a otra clasificación, dependiendo a sus características de limpieza, graduación y porcentaje de finos.

Simbolo	Características
W	Material limpio de finos, bien graduado
P	Material limpio de finos, mal graduado
M	Material con finos no plásticos
C	Material con finos plásticos

Tabla 1.3 Clasificación de gravas y arenas.

Fuente: G. Carlos Arias; 2007:68

Siguiendo con lo mencionado por G. Carlos Arias (2007), el sistema también clasificó a los suelos finos como se muestra en la siguiente tabla:

Simbolo generico	Material
M	Limos inorganicos
C	Arcillas inorganicas
O	Limos y arcillas organicas

Tabla1.4 Clasificación de finos.

Fuente: G. Carlos Arias; 2007:68

Estos a su vez se subdividen de acuerdo a su límite plástico, en dos grupos; si el LL es menor del 50%, se añade la letra L, que representa a suelos de compresibilidad media o baja. Mientras que a los suelos finos con límite líquido

mayor al 50%, es decir suelos de alta compresibilidad se les agrega la letra H. Enseguida se muestra la tabla del SUCS donde se aprecia claramente la clasificación de lo anteriormente mencionado.

Tipo	Sub-Tipos		Identificación			Simbolo de Grupo
Suelos (partículas menores de 7.5 cm)	SUELOS GRUESOS (Más de la mitad del material se retiene en la malla No. 200)	GRAVA (Más de la mitad de la fracción gruesa se retiene en la malla No. 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 mayor a 4 y un coeficiente de curvatura	Menos del 5% en masa pasa la malla No.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 No.200	GP
			GRAVA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Grava limosa; mezcla de grava, arena y limo.	Más de 12% en masa de la malla No. 200 y las pruebas de límite de consistencia, clasifican a la fracción fina como ML o MH.	GM
				Grava arcillosa; mezcla de grava, arena y arcilla.	Más de 12% en masa de la malla No. 200 y las pruebas de límite de consistencia, clasifican a la fracción fina como CL o CH.	GC
		ARENA (Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla No. 4)	ARENA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas)	Arena bien graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad mayor a 6 y un coeficiente de curvatura entre 1 y 3.	Menos del 5% en masa pasa la malla No.200	SW
				Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para SW.	Menos del 5% en masa pasa la malla No.200	SP
			ARENA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Arena limosa; mezcla de grava, arena y limo.	Más de 12% en masa de la malla No. 200 y las pruebas de límite de consistencia, clasifican a la fracción fina como ML o MH.	SM
				Arena arcillosa; mezcla de grava, arena y arcilla.	Más de 12% en masa de la malla No. 200 y las pruebas de límite de consistencia, clasifican a la fracción fina como CL o CH.	SC
	SUELOS FINOS (Más de la mitad del material pasa la malla No. 200)	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.	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.	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.	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.	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.	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.	OH	
				Turba, fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.	Pt	
ALTAMENTE ORGÁNICOS						

Tabla 1.5 Tabla del SUCS

Fuente: G. Carlos Arias; 2007:75

1.3.8 Identificación de suelos.

De acuerdo con Juárez Badillo (2002) el problema de la identificación de los suelos es de gran importancia en la ingeniería civil. La identificación permite conocer, las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo, así mismo poderlo ubicar en los sistemas de clasificación.

a) Identificación de campo de suelos gruesos.

Los materiales están “constituidos por partículas gruesas, se identifican en campo sobre una base prácticamente visual. Extendiendo una muestra seca del suelo sobre una superficie plana puede juzgarse, en forma aproximada, de su graduación, tamaño de partículas, forma y composición mineralógica. Para distinguir las gravas de las arenas puede usarse el tamaño 1/2cm como equivalente a la malla número 4, y para la estimulación del contenido de finos basta considerar que las partículas de tamaño correspondiente a la malla numero 200 son aproximadamente las más pequeñas que pueden distinguirse a simple vista”. (Juárez Badillo; 2002:158)

b) Identificación de campo de suelos finos.

Las principales bases para identificar los suelos finos en el campo son la investigación de las propiedades de dilatación, de tenacidad y de resistencia en el suelo seco. El color y olor son propiedades que pueden ayudar especialmente en los suelos orgánicos.

CAPÍTULO 2

PAVIMENTACION

En este capítulo se abordará principalmente la definición de pavimentación, así como su clasificación y su comportamiento, también se hablará de las capas que estos pavimentos deben tener para su buen funcionamiento, así mismo como todas las señales que estos deben tener.

2.1 Vialidades urbanas.

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

2.1.1 Clasificación de las vialidades.

De acuerdo con Molinero y Sánchez (1998), se entiende por derecho de vía a la porción de vialidad o superficie de rodamiento por donde circulan las unidades de transporte, incluyendo el peatón. Estos derechos de vía se pueden clasificar en tres variantes diferentes, las cuales pueden presentarse a lo largo de la vialidad uno o varios tipos de variantes.

a) Derecho de vía tipo C: este tipo de derecho es el que presenta la vialidad en la que su superficie de rodamiento es compartida entre varios medios de transporte. Esto quiere decir que opera con tránsito mixto. Esta operación puede incluir tratos preferenciales como son la del transporte público.



Imagen 2.1 Vía tipo C.

Fuente: www.plataformaurbana.cl

b) Derecho de vía tipo B: este tipo de vía muestra una separación física longitudinal a través de elementos fijos, como son barreras o guarniciones. Sin embargo, se siguen manteniendo los cruces a nivel con otros vehículos así como con los peatones.



Imagen 2.2 Vía tipo B.

Fuente: www.excelsior.com.mx

c) Derecho de vía tipo A: este derecho muestra una separación física tanto longitudinal como vertical del derecho de vía, lo cual trae como consecuencia evitar cualquier interferencia entre vehículos y peatones. Este tipo puede presentarse de manera subterránea, elevada o a nivel y como ejemplo claro están los sistemas de metro que existen en diferentes ciudades, las autopistas urbanas para el caso del transporte privado y los sistemas de autobuses guiados de algunas ciudades.



Imagen 2.3 Vía tipo A.

Fuente: commons.wikimedia.org

2.1.2 Dispositivos de control de tránsito.

Partiendo con lo establecido en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras (MDCTCC) (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.

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

Las condiciones que han hecho posible la construcción de topes, han sido básicamente la circulación a altas velocidades en zonas urbanas y suburbanas, ocasionando el atropellamiento de peatones, estas situaciones de inseguridad son propiciadas principalmente por la irresponsabilidad de los conductores.

2.1.3 Señalamientos.

“Las señales son tableros fijados en postes, con símbolos, leyenda o ambas cosas, que tienen por objeto prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de peligros, su naturaleza, la existencia de determinadas restricciones o prohibiciones que limiten sus movimientos sobre el camino y proporcionarle la información necesaria para facilitar su viaje.” (Mier; 1987: 246)

Los diferentes tipos de dispositivos de control deben cumplir con cuatro requisitos fundamentales, que son los siguientes:

- a) Llamar la atención de modo que no pase desapercibido el señalamiento.

b) Transmitir un mensaje claro.

c) Imponer respeto a los usuarios del camino y localizarse en un lugar estratégico para así dar tiempo de reaccionar.

d) Satisfacer una necesidad importante.

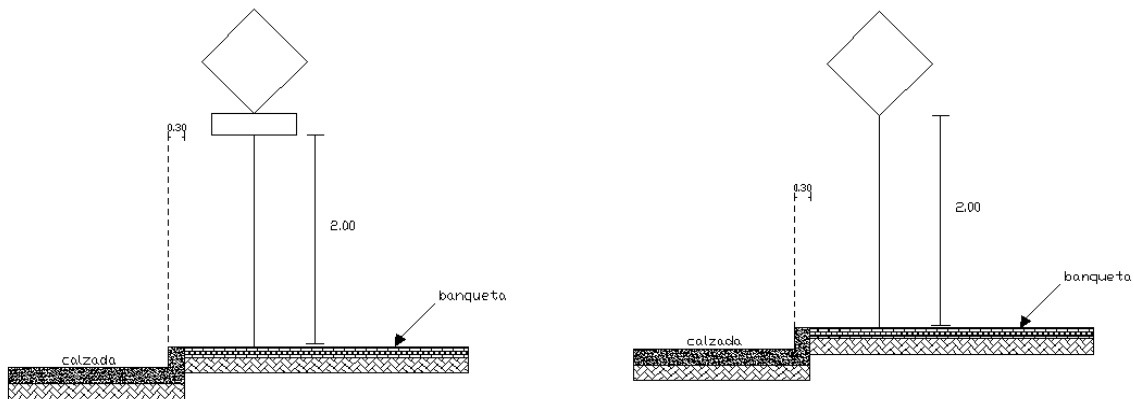


Imagen 2.4 Señales de tránsito.

Fuente: Mier; 1987: 247.

Dentro de los señalamientos se encuentra otra clasificación la cual es: señales preventivas, señales restrictivas y señales informativas.

a) Señales preventivas: Como menciona el MDCTCC (1986), las señales preventivas son tableros fijados en postes, conformados por símbolos que tienen con finalidad prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de algún peligro en el camino y su naturaleza. Así mismo estas señales se colocaran a una cierta distancia que va a depender de la velocidad de vehículo.

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

Tabla 2.1 Distancia en señales.

Fuente: MDCTCC; 1986: 31.



Imagen 2.5 Señales preventivas (a).

Fuente: MDCTCC; 1986: 15.



Imagen 2.6 Señales preventivas (b).

Fuente: MDCTCC; 1986: 15.

b) Señales restrictivas: partiendo de lo dicho por Mier (1987), las señales restrictivas tienen por objetivo indicar al usuario ya sea peatonal o vehicular, indicar la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el tránsito. Se usan principalmente para reglamentar el derecho de paso, el movimiento a lo largo del camino, los movimientos direccionales, las limitaciones de dimensiones y peso de vehículos, la prohibición de paso a cierto tipo de vehículos, las restricciones a los peatones, las limitaciones de estacionamiento, entre otras.

Excepto las de ALTO y CEDA EL PASO, todas son de forma rectangular, contando con una mayor dimensión en sentido vertical. La señal de ALTO es de forma octagonal y la de CEDA EL PASO está conformado por un triángulo equilátero con un vértice hacia abajo. La señal de ALTO está conformada por un fondo rojo mate con letras y filete blancos; por otro lado la señal CEDA EL PASO tiene fondo

blanco, una franja perimetral roja y leyenda en negro, preferentemente reflejantes. A diferencia de las otras señales que tienen fondo blanco, filete negro, anillo rojo, letras, números y símbolos en negro.



Imagen 2.7 Señales restrictivas (a).

Fuente: MDCTCC; 1986: 17.



Imagen 2.8 Señales restrictivas (b).

Fuente: MDCTCC; 1986: 17.

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

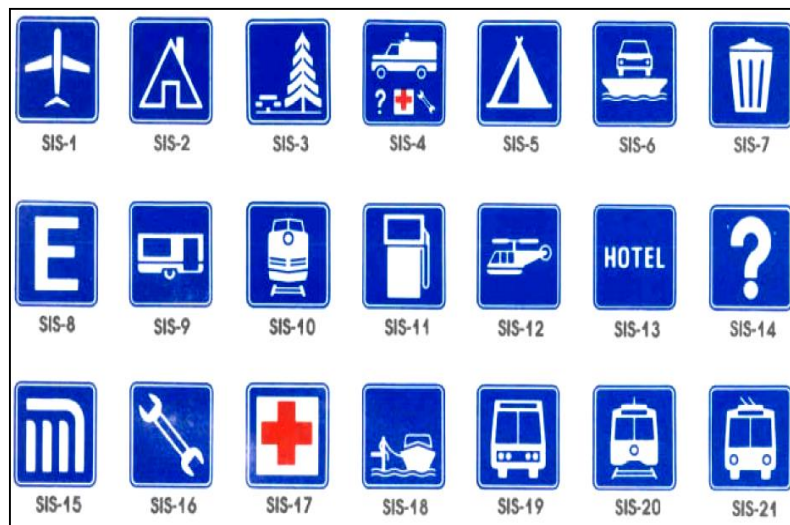


Imagen 2.9 Señales informativas.

Fuente: MDCTCC; 1986: 25.

Retomando lo mencionado por Mier (1987) las marcas en las vialidades se clasifican de la siguiente manera:

a) Marcas en el pavimento: estas son rayas centrales, rayas separadoras de carriles, rayas en las orillas de la carpeta, rayas canalizadoras, rayas de parada, rayas para el cruce de peatones, rayas de aproximación de obstáculos, marcas para

el cruce de ferrocarriles, marcas para estacionamiento y marcas para darle uso adecuado a los carriles.

b) Marcas en guarniciones: estas son utilizadas para la prohibición de estacionamiento o marcas en obstáculos dentro de la superficie de rodamiento.

c) Indicadores de peligro y alineamiento: son conocidos generalmente como fantasmas que son postes de concreto con una franja de material reflejante colocada en su extremo superior.

Los semáforos también se encuentran dentro de los dispositivos de control, solo que a estos se les nombra dispositivos electrónicos que sirven para regular y dirigir el tránsito tanto de vehículos como de peatones en calles y caminos por medio de tres luces que generalmente son de color rojo, amarillo y verde, aunque también puede agregarse una más con una flecha verde para indicar circulaciones de frente, vuelta a la izquierda o derecha.

2.2 Pavimentos.

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

Por otro lado, como menciona 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.

2.2.1 Tipos de pavimentos.

Como señala Olivera (2006), existen dos principales tipos de pavimentos: los flexibles y los rígidos.

a) Pavimentos flexibles: dentro de estos pavimentos flexibles la superficie de rodamiento esta 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 subbase, las cuales se construyen sobre la capa subrasante.

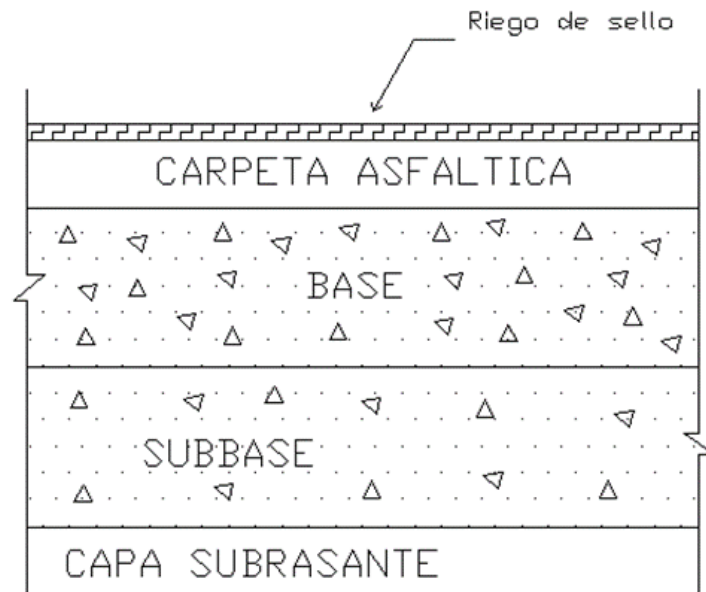


Imagen 2.10 Capas de un pavimento flexible.

Fuente: Olivera; 2006:18.

b) Pavimentos rígidos: estos pavimentos se conocen como rígidos por que 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.

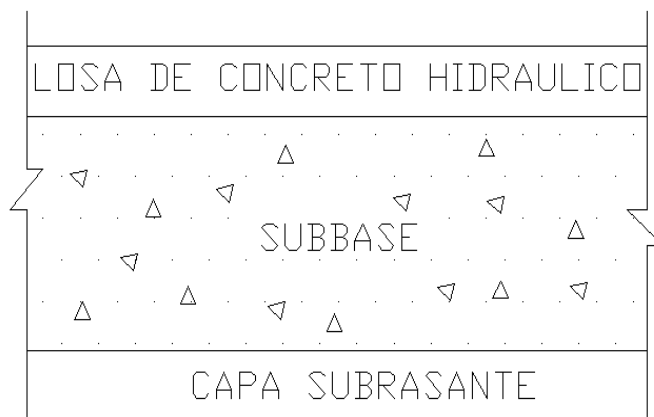


Imagen 2.11 Capas que conforman un pavimento rígido.

Fuente: Olivera; 2006:18.

2.2.2 Capas de los pavimentos flexibles.

Según lo mencionado por Badillo y Rodríguez (2004), los pavimentos flexibles se componen por distintas capas las cuales tienen una función específica.

a) Subbase: para muchos, una de las principales funciones de esta capa en un pavimento flexible no es más que de carácter económico. Se trata de formar un espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Se sabe que todo el espesor podría ser construido con un material de la mejor calidad, como el usado en la base, pero es recomendable hacer aquella más delgada y sustituirla en parte por una sub-base de menor calidad, 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: en la base existe 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.

2.2.3 Carpetas asfálticas.

De acuerdo con Olivera (2006), la carpeta asfáltica es la capa superior de un pavimento flexible y es aquella que proporciona la superficie de rodamiento para los vehículos. Es elaborada con materiales pétreos y productos asfálticos. Los materiales pétreos que son utilizados para la construcción de carpetas son suelos inertes, generalmente provenientes de playones de ríos o arroyos, de depósitos naturales los cuales son denominados minas, o de rocas que generalmente requieren de cribado, triturado o bien ambos para poder ser utilizados.

Como menciona Crespo (1996), existen ciertos requisitos que se deben cumplir en la elaboración de la carpeta, la manera más comúnmente empleada de

hacer uso del asfalto, es mezclándolo con un agregado pétreo que tenga características conocidas. Sin embargo, no cualquier tipo de agregado pétreo puede emplearse adecuadamente para formar la carpeta. De ahí se exige la necesidad de conocer sus características físicas para saber si funcionará de manera apta o no.

2.2.4 Carpetas por el sistema de riego.

Con respecto a lo dicho por Olivera (2006), las carpetas por riego consisten en una serie de capas sucesivas conformadas de productos asfálticos y pétreos sobre la base impregnada, la forma de construir una carpeta por riego es la siguiente: sobre la base debidamente impregnada se da un primer riego de producto asfáltico que se cubre con un riego de material pétreo más grueso que se vaya a usar, con la ayuda de una compactadora de rodillo liso de 10 toneladas se le da un acomodo haciendo tres cubrimientos de la superficie. En seguida se repite toda la operación anterior, sólo que el material pétreo será de dimensiones menores al usado con anterioridad.

En seguida utilizando el material pétreo más fino se vuelve a repetir dicha operación, es decir, se da un riego de asfalto fluidificado, se riega el material pétreo y se acomoda con la ayuda de un rodillo liso. Se deja una semana para que fragüe el producto asfáltico es decir, que se evaporen los solventes y después, por medio de un barrido manual o mecánico, se retira el material fino que no esté completamente adherido al resto de la estructura.

2.2.5 Carpetas de concreto asfáltico.

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

2.2.6 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 se pueden dividirse en tres grupos.

a) Fallas por insuficiencia estructural: esta falla se presenta en 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.

b) Fallas por defectos constructivos: principalmente se da en pavimentos que quizá están bien proporcionados y formados por materiales resistentes, pero en

cuya construcción se han generado errores o defectos que comprometen el comportamiento en conjunto.

c) Fallas por fatiga: se presenta en pavimentos que originalmente estuvieron 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.

Las fallas más comunes en los pavimentos son las siguientes:

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

2.- Surcos (deformación permanente en la superficie del pavimento): frecuentemente está ligada a aumento de carga en las capas granulares de base o sub-base, debido a una carga excesiva, carga repetida o a rotura de granos, también puede deberse a consolidación en la subrasante o aún en el cuerpo de la terracería. El ancho del surco excede al de la llanta y tiende ser mayor en comparación a éste.

3.- Falla por cortante: estas fallas están ligadas a falta de resistencia al esfuerzo cortante en la base o sub-base del pavimento y más raramente en la

subrasante. Consisten la mayor parte en surcos profundos, nítidos y bien marcados, cuyo ancho no excede mucho al de la llanta. En este caso suele haber también elevación del material de carpeta a ambos lados del surco, pero la falla es distinguida fácilmente de un simple desplazamiento de carpeta por la mayor profundidad afectada.

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

2.2.7 Pavimentos rígidos.

Según 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.

2.2.8 Esfuerzos sujetos a los pavimentos de concreto hidráulico.

Los pavimentos de concreto hidráulico siempre estarán sujetos a esfuerzos, los esfuerzos más comunes son los siguientes:

- a) Esfuerzos causados por las llantas de los vehículos.
- b) Esfuerzos de compresión y cortante causados por las cargas frecuentes de las ruedas de los autos.
- c) Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.

Siempre que se diseñe un pavimento es fundamental que se base en los siguientes factores:

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

Retomando lo mencionado por Olivera (2006) la parte superior de todos los pavimentos rígidos, son las losas de concreto hidráulico que son construidos sobre la

subbase y proporcionan la superficie de rodamiento, por lo cual las principales propiedades que se deben observar en las gravas y arenas son: dureza, plasticidad, sanidad, forma de la partícula y granulometría. En cuanto a la plasticidad, la grava y la arena deben ser materiales inertes, es decir, deben tener un índice plástico y una contracción lineal de 0. Además de cumplir las normas de desgaste e intemperismo acelerado, con lo cual es asegurado su dureza y durabilidad, aunque es importante conocer si los agregados tienen álcalis y si éstos actuarán de forma perjudicial al concreto a través del tiempo.

2.2.9 Agrietamiento del concreto hidráulico.

Como señala Olivera (2006), el concreto hidráulico es un producto que desde que se termina su proceso de mezclado y puesto en obra, está sujeto a agrietarse esto debido a la pérdida de agua por evaporación y por aquellas reacciones químicas internas en esta etapa, estas anomalías pueden reducirse a un mínimo si se curan de manera adecuada, para ello lo más efectivo es un espacio superficial, inmediatamente después del tendido, de alguna de las muchas sustancias que existen en el mercado que impiden la evaporación del agua de la mezcla.

También se debe de tomar en cuenta el clima, es muy importante ya que debemos siempre cuidar el colado, esto quiere decir que se afecta a cambios de temperatura, así que al tercer día del colado debemos de tener la superficie húmeda, esto se logra por medio de riego de agua.

Este agrietamiento mencionado se presentará de manera no uniforme, y su abertura puede ser de tal magnitud que se pierda la interacción granular entre las diferentes partes lo cual no debe tolerarse en los pavimentos rígidos, sino al contrario, se deberá asegurar que las losas del pavimento trabajen de manera conjunta al aplicárseles cargas. En general, se puede decir que si las grietas no se abren más de 3 mm, se asegura que haya acción 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.

2.2.10 Tipos de juntas.

Según Olivera (2006) existen varios tipos de juntas, las cuales son: juntas de contracción, juntas de dilatación y juntas de construcción.

a) Juntas de contracción: este tipo de juntas se utilizan para que el agrietamiento del concreto no llegue a ser de manera irregular, sino en forma perpendicular al eje del colado y asegurar el trabajo en conjunto de las losas, es necesario la construcción de juntas de contracción a distancias previamente determinadas.

b) Juntas de dilatación: estas juntas son para evitar que 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.

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

Juntas para pavimentos rígidos.

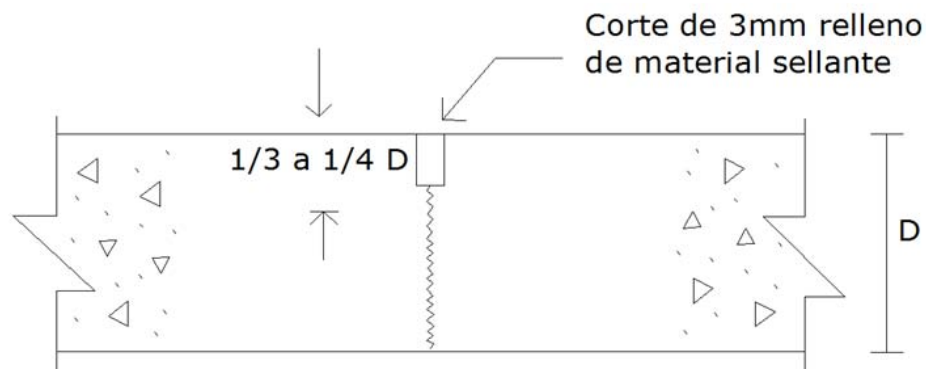


Imagen 2.12 Junta de contracción.

Fuente: Olivera; 2006:146.

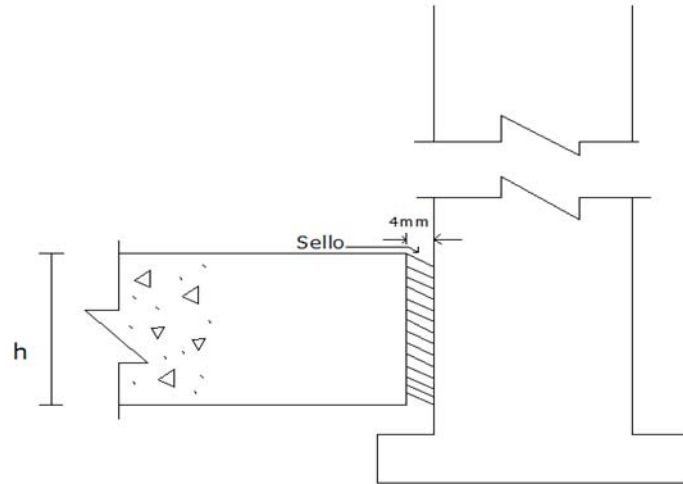


Imagen 2.13 Juntas de expansión.

Fuente: Olivera; 2006:146.

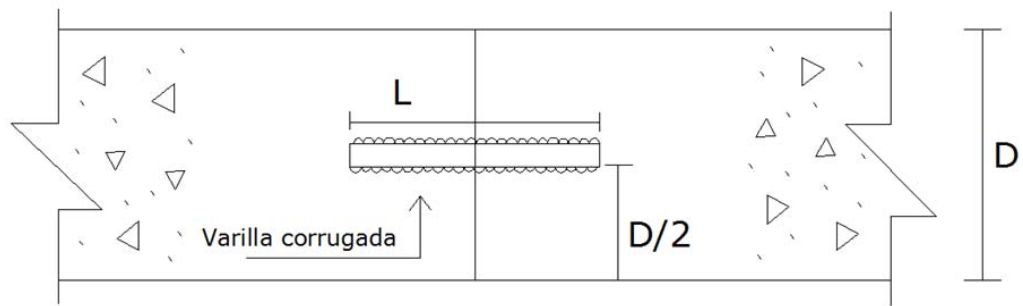


Imagen 2.14 Juntas de construcción.

Fuente: Olivera; 2006:146.

2.2.11 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. Por lo tanto, es necesario llevar un control de calidad, según Olivera (2006) 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.

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En este capítulo se abordará todo lo referente al sitio, en donde se ubicará el proyecto, así mismo se partirá de su entorno geográfico el cual describe su localización geográfica, mencionando características físicas del lugar, geológicas, hidrología regional y de la zona del proyecto.

3.1 Generalidades.

La república Mexicana está compuesta por tres grupos principales: mestizos, indígenas y población de origen europeo. Los mestizos son el grupo mayoritario, ya que constituyen cerca del 80% de la población. El total de población indígena es de cerca del 10%, con más de 50 grupos definidos. México cuenta con una población de 102.026.691 habitantes.

Michoacán tiene un relieve muy accidentado, por lo que sus climas son muy variados. Cuenta con 113 municipios y económicamente depende en gran medida de la agricultura; destacan sus cultivos de aguacate y también es un gran productor de garbanzo, limón, ajonjolí, sorgo y fresa. En la ganadería se distingue por ser un importante productor de ganado bovino. En minería 32 de sus municipios tienen yacimientos importantes de oro, plata, plomo, zinc, barita y cobre. La flora del estado de Michoacán es muy variada, presenta bosques mixtos de pino, encino, fresno,

oyamel, parota, ceiba, mango, guaje, tepe mezquite, palma, chirimoya, zapote y guanábana entre otros.

Su fauna está compuesta por: Paloma, codorniz, tordo, urraca, coyote, tlacuache, zorra, tejón, mapache, zorrillo, venado, conejo, pato, armadillo, ardilla, liebre, lince, cacomiztle, comadreja, gato montés, águila, cuervo, gavilán, perico, boa, faisán, además de carpa, mojarra, nutria, langosta, tiburón y tonina entre otros.

Sus principales lagos son el lago Cuitzeo, el lago de Pátzcuaro, el lago de Zirahuén y una parte del lago de Chapala.

Su río más importante es el río Lerma, el cual nace en el Estado de México y abastece a la presa de Tepuxtec para regar las tierras del valle de Maravatío y producir energía hidroeléctrica. Le siguen en importancia el río Balsas y el río Cupatitzio, el cual alimenta las caídas de agua de La Tzaráracua, situado en Uruapan. Tiene manantiales como Camécuaro, géiser de aguas geotérmicas como el de Ixtlán de los Hervores o los Azufres; además de Ciénegas como la de Zacapu.

En el estado de Michoacán se encuentra localizado el municipio de Uruapan, Michoacán, el cual cuenta con un clima templado, exuberante vegetación y con gran producción anual de aguacate con calidad de exportación, razón por la cual se le conoce también como “La capital mundial del aguacate”. Su nombre oficial es Uruapan del Progreso, tiene, una altitud de 1.634 msnm. Su clima es templado con veranos cálidos. Señorío de la época prehispánica, posteriormente fue evangelizado por los franciscanos y dividido en nueve barrios. Su actividad industrial se centra en

la elaboración de alimentos, bebidas, calzado, cuero, productos de madera y corcho, entre otros.

3.1.1 Objetivo.

El objetivo de este proyecto es realizar el diseño de la pavimentación para la urbanización de la colonia La Cortina, en la ciudad de Uruapan, Michoacán, cumpliendo con todas las normas y especificaciones necesarias.

3.1.2 Alcance del proyecto.

El presente trabajo dará a conocer el diseño de la pavimentación, para la urbanización de la localidad, la cual no cuenta con estos servicios.

3.2 Resumen ejecutivo.

Para el siguiente trabajo la información fue recolectada de libros de topografía, mecánica de suelos, pavimentación y de códigos de diseño para la urbanización de proyectos. Esta información es la requerida para el diseño de la pavimentación y urbanización de cualquier proyecto. En este proyecto se diseñara la pavimentación para la urbanización de la colonia La Cortina la cual no cuenta con estos servicios.

Se realizó la visita al sitio del proyecto para verificar las condiciones actuales en las que se encuentra dicha colonia, también se realizó un levantamiento

topográfico del terreno, el cual es necesario para el diseño de pavimentación. Al realizar esta visita se observó que al lado de esta colonia pasa un canal de aguas sucias.

3.3 Entorno geográfico.

El nombre oficial de México es Estados Unidos Mexicanos, también se conoce como República Mexicana. México se organiza en 31 estados y el Distrito Federal. Cada estado se constituye a su vez por municipios, de los cuales hay en todo el país 2 440.

En México se encuentra situado el estado de Michoacán el cual se encuentra en la parte oeste de la República Mexicana. Este estado forma parte del Eje Neo volcánico y la Sierra Madre del Sur. Colinda con los estados de Colima, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, México, Guerrero y el Océano pacífico. La capital de Michoacán es Morelia, antiguamente llamada Valladolid y está ubicada a 1,920 metros sobre el nivel del mar. La superficie territorial del estado de Michoacán es de 59 928 km², lo que representa un 3% de todo México; cuenta con una población aproximada de 3 985 667 habitantes.



Imagen 3.1 Republica Mexicana.

Fuente: www.mexicodiplomatico.org

Dentro del estado de Michoacán se encuentra ubicado el municipio de Uruapan, el cual es la segunda ciudad mas importante y poblada del Estado de Michoacán de Ocampo. Se considera también el punto de unión entre tierra caliente y la meseta Purépecha. Su nombre oficial es Uruapan del Progreso.



Imagen 3.2 Estado de Michoacán.

Fuente: www.redime.org

3.3.1 Macro y microlocalización.

La colonia La Cortina se caracteriza por ser una de las colonias más retiradas del centro de la ciudad, ya que ésta se ubica en las afueras de esta misma, por lo cual no cuenta con una pavimentación para la urbanización de esta localidad, así mismo se propone realizar el diseño de la pavimentación para una buena urbanización del lugar. Cabe destacar que el suelo es un material bastante abundante y de uso práctico en el desarrollo del proyecto de la pavimentación, muchas veces no reúne las propiedades o características para su uso. Por lo que es conveniente saber exactamente las características del suelo para poder diseñar de una manera adecuada la pavimentación, esto solo se logra mediante un estudio de mecánica de suelos.

La zona de este proyecto se ubica en el municipio de Uruapan, Michoacán, en la colonia La Cortina.

3.3.2 Topografía.

La topografía es de gran importancia porque gracias a ella se puede conocer detalladamente la superficie de un terreno en el cual se va a trabajar, es decir, sus relieves naturales o artificiales. Para esto es importante hacer el uso de la altimetría, la planimetría y las curvas de nivel, podemos saber la ubicación exacta de un lugar; así como también a la hora de hacer una construcción.

La topografía se refiere a la forma tridimensional de un terreno. El determinar la topografía es uno de los pasos iniciales en el diseño de terrenos ya que indica como puede ser usada la tierra.

3.3.3 Geología.

La ciudad de Uruapan geológicamente se encuentra ubicada en el valle y faldas de los cerros volcánicos que la delimitan, por lo que es factible caracterizarla en zonas o Dominios Geotécnicos de diferente localidad constructiva, en las cuales no se descarta la influencia de cierres estructurales.

La estratigrafía es bastante bien conocida debido a los trabajos de numerosos investigadores. Se sabe que en la Ciudad de Uruapan la capa de cobertura alcanza de 2 a 6 m de profundidad, está formada por depósitos de origen aluvial compuesta

por fragmentos de roca volcánica del tamaño de grava, arena, limo y arcilla, los cuales por lo general son de consistencia rígida y constituyen la capa de mayor riesgo ante sismos debido a que amplifican hasta 10 veces los movimientos sísmicos que inciden en su base. Estos materiales se presentan casi ausentes en las partes altas pero de espesor significativo en el centro del valle.

A los anteriores, les subrayen materiales Piro clásticos, tobas de diferente composición y basaltos en estado compacto, lo que repercute en grado de dureza mayor, aunque con importante fractura miento debido a los desplazamientos característicos de la región. Con este marco geológico y a partir de la interpretación de los sismogramas se determinaron espesores y velocidades de propagación de los diferentes materiales presentes en las zonas donde se realizaron las pruebas de laboratorio.

3.3.4 Hidrología y clima.

El clima del municipio de Uruapan es uno de los más variados del estado de Michoacán pues se ve influenciado por las diferencias de altitud en el terreno, existen cinco tipos diferentes de clima. La zona norte tiene un clima Templado subhúmedo con lluvias en verano, en la zona central del municipio, la más elevada, tiene un clima Templado húmedo con abundantes lluvias en verano, en la misma zona central otro sector tiene clima semi cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, hacia el sur otra zona registra clima semi cálido subhúmedo con lluvias en verano y

finalmente en el extremo sur del municipio el clima es clasificado como cálido subhúmedo con lluvias en verano.

La temperatura media anual del territorio también se encuentra dividida en tres zonas, la zona norte del municipio tiene un rango de 12 a 16 °C, la zona centro y sur tiene un promedio entre 16 y 24 °C, y finalmente dos porciones del extremo sur registran de 24 a 28 °C; el centro del municipio de Uruapan es una de las zonas que registran mayor promedio pluvial anual en el estado de Michoacán, superando los 1,500 mm al año, hacia el norte y sur de esta zona el promedio va de 1,200 a 1,500 mm, y hacia el sur se suceden dos zonas más, donde el promedio es de 1,000 a 1,200 mm y de 800 a 1,000 mm.

3.3.5 Uso del suelo.

El estudio de Mecánica de Suelos señala que en esta parte se presentan tobas arenosas y gravosas de mayor rigidez, mientras que a una profundidad se asume que existen rocas volcánicas y materiales Piro plásticos pertenecientes a las faldas de los cerros que delimitan la ciudad.

Para este tipo de zona urbana es necesario realizar un estudio previo de Mecánica de Suelos el cual permita saber de forma detallada el tipo de suelo en el que se va a construir la pavimentación y de esta forma saber qué tipo de suelo es.

3.4 Estado físico actual.

En esta imagen se muestra la colonia La Cortina, la cual presenta la ineficiencia del servicio de pavimentación para el paso de vehículos y peatones.



Imagen 3.3 La Cortina (a).

Fuente: Propia.

Posteriormente se muestra una imagen donde se puede observar que es bastante complicado el flujo de vehículos y de peatones.



Imagen 3.4 La Cortina (b).

Fuente: Propia.

3.5 Planteamiento de alternativas.

Teniendo en cuenta la problemática que existe en este lugar podemos plantear varias soluciones para este caso una de ellas es la pavimentación para la urbanización de esta colonia o localidad, la pavimentación se puede diseñar de ciertas maneras de concreto o de asfalto, cual sea su diseño y tipo de pavimento estará bien diseñada, para el tránsito de vehículos como de peatones.

3.5.1 Alternativa de solución.

La alternativa de solución más adecuada para el problema presentado es diseñar la pavimentación de concreto para una buena urbanización del lugar, así mismo esta se verá favorecida para el buen flujo de vehículos y de peatones.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

Dentro de la metodología se hablará de diversos métodos empleados en la investigación, su diseño, alcance y descripción del proceso, el cual implica un método matemático, un descriptivo y los pasos que se han seguido para la identificación del problema y sus posibles soluciones mediante dicha investigación, tomando en cuenta un método no experimental.

4.1 Método empleado.

De acuerdo con Tamayo y Tamayo (2000) el método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizado por ser tentativo, variable, de razonamiento riguroso y de gran observación empírica. Por lo tanto, el método científico es un conjunto de procedimientos por los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo.

Este método consiste en eliminar o rechazar todo procedimiento que busque manipular o alterar la realidad en una forma caprichosa, tratando de imponer prejuicios, creencias o deseos que no se ajusten a un control adecuado de la realidad y de los problemas que se investigan.

4.1.1 Método matemático.

Un método de investigación mencionado por Mendieta Alatorre es aquel que tiene un objetivo definido a alcanzar, el cual beneficiará a la sociedad interesada en este estudio, así mismo el método a emplear es el método matemático.

Esta investigación se basa en el método anteriormente mencionado, ya que se empleara un tipo de formulismo matemático para expresar relaciones, proporciones sustantivas de hechos, parámetros u operaciones, en base a un modelo matemático, el cual diseñara la pavimentación para la urbanización de una colonia.

4.2 Enfoque de la investigación.

Esta investigación usa el enfoque cuantativo, el cual consiste en una secuencia de hechos o investigaciones para así llegar a la solución del problema planteado, según Hernández Sampieri y cols. (2010), cada una de estas etapas es fundamental, así que no se puede eludir ninguna de las etapas planteadas, ya que el orden es riguroso, aunque podemos redefinir alguna de estas fases o etapas.

Este método se utiliza en esta investigación ya que tiene las siguientes características; parte de una idea, de esta idea se genera un problema, se delimita el problema, después se revisa la literatura y el desarrollo del marco teórico, siguiendo con la visualización del alcance del estudio y elaboración de hipótesis y variables, desarrollando el diseño de la investigación con una definición y selección de la

muestra, recolectando y analizando los datos de la elaboración del reporte de resultados, concluyendo en el fin de la investigación de campo.

4.2.1 Alcance de la investigación.

Los estudios de esta investigación son de carácter descriptivo, ya que busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice o diseñe. Los estudios descriptivos son útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación.

En este caso se diseñará la pavimentación para la urbanización de la Cortina, ya que esta no cuenta con la pavimentación para el tránsito de vehículos y mucho menos de peatones.

4.3 Diseño de la investigación.

El diseño de investigación según Hernández Sampieri y cols. (2010), indica que después de haber definido el problema y generado las hipótesis, el investigador debe tener la capacidad de visualizar de manera concreta y práctica las preguntas de investigación, teniendo en cuenta que se debe resolver los objetivos fijados principalmente. De tal manera que debe elegir uno o más diseños para desarrollarlos y aplicarlos dentro de su investigación. Los diseños de investigación se pueden clasificar por su dimensión temporal, el número de momentos o puntos en el

tiempo. Así el fin del diseño es emplear una estrategia con la cual llegues a obtener la información que desees para tu estudio.

Según en el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza su diseño o diseños para analizar la autenticidad de las hipótesis formuladas en la investigación o aportando información respectiva a los lineamientos del estudio. Dentro del estudio se sugiere empezar con un solo proceso de diseño, posteriormente puedes agregar más diseños de acuerdo al requerimiento de tu investigación, por lo tanto es más costoso utilizar más de un diseño.

En este estudio se utilizará el diseño no experimental, retomando lo mencionado por Hernández Sampieri y cols. (2010), el cual nos dice que es la investigación realizada sin que existan cambios intencionales sobre las variables y su efecto en el proceso, observando y analizando los fenómenos que ocurren de manera natural en la estructura.

Los diseños no experimentales se pueden clasificar en transeccionales y longitudinales. Los primeros recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una foto de algo que sucede.

En un estudio experimental el investigador hace una comparación de varios acontecimientos, esta circunstancia nos permite evaluar los efectos que causa la exposición de dicha situación, construyendo así una realidad. En cambio en un estudio no experimental no se generan ninguna manipulación provocada intencionalmente ni se puede influir, ni controlarlas porque ya sucedieron.

4.4 Instrumentos de recopilación de información.

Dentro de esta investigación se utilizó distintos instrumentos o programas de computadora para facilitar el estudio del problema planteado anteriormente, dentro de los que cabe destacar será el Excel, AutoCAD, GPS, y distintos instrumentos de campo.

El Excel es una hoja de cálculo muy requerida en la ingeniería civil, porque hace más fácilmente los cálculos matemáticos planteados, es la que se utilizará para el cálculo, porque es el programa que permite manipular datos numéricos que se van empleando en forma de tablas, esta herramienta nos permite cálculos complejos con fórmulas y funciones, con la cual puedes dibujar gráficas si es que tu investigación lo requiere, este es el caso del análisis de la estructura.

De igual manera se utilizó el programa de cómputo denominado AutoCAD, para el cual servirá para el dibujo específico de planos arquitectónicos, estructurales o cualquier tipo de plano requerido en la investigación, ya que cuenta con comandos específicos para el diseño de dibujos ya sea en dos dimensiones o en tres dimensiones.

También se utilizó un GPS para el levantamiento topográfico del terreno, el cual indicará las elevaciones o desniveles que este mismo tenga, así mismo esto es lo más importante para la pavimentación de las calles de la colonia en estudio.

4.5 Descripción del proceso de investigación.

Esta investigación surgió en base a una problemática en la comunidad de Uruapan, Michoacán, a raíz de que fue creciendo la población dentro de esta ciudad, así mismo la gente tubo la necesidad de situarse en las orillas de Uruapan, las cuales no cuentan con todos los servicios necesarios como lo son la pavimentación para la urbanización de la colonia La Cortina.

Teniendo planteado el problema y la solución, se realizó la investigación de las variables del proyecto como la urbanización y la pavimentación. Se acudió a investigar en libros y códigos, los procesos y normas que se debe seguir para realizar las variables anteriormente planteadas en el proyecto.

Teniendo definido estas variables, se acudió al sitio para hacer el levantamiento topográfico, el cual nos indicaría las elevaciones, desniveles que el terreno tuviera, así mismo teniendo el estudio topográfico, el siguiente paso era realizar el diseño de la pavimentación para la urbanización, el cual contaría con los perfiles diseñados para cada una de las calles existentes de dicha colonia. Cada perfil tendría las cuotas establecidas en los códigos de urbanización, de igual manera el tipo de pavimentación que se utilizaría como así mismo los espesores de las capas que componen un pavimento y de todas las señales que los pavimentos deben tener.

Por último, se presentaría el proyecto a las autoridades correspondientes para llevar a cabo dicho proyecto, el cual tendría un fin, el cual es satisfacer las necesidades de la colonia La Cortina.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentarán los cálculos y los procedimientos necesarios para el diseño de un pavimento rígido, que es el caso de la urbanización de la colonia La Cortina en la ciudad de Uruapan Michoacán.

5.1 Aforo vehicular.

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

La clase de vehículos que fluya en un camino varía dependiendo del tipo de camino que se vaya a diseñar o construir. Así mismo el tipo de tránsito influye mucho en el proyecto de un camino, ya que afectará notablemente en la parte geométrica.

En seguida se muestra una imagen donde se puede apreciar la clasificación de los vehículos de acuerdo al manual de proyecto geométrico de carreteras:



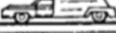
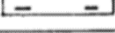
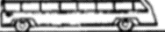



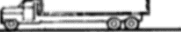

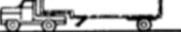
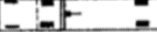
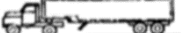

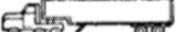



TIPO DE VEHICULO	NUM. DE EJES	ESQUEMAS		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES		PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS		
		PERFIL	PLANTA						
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	2			Ap	—	46	58	
	CAMIONETAS	2			Ac		12		
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2			B	—	12	42	
	CAMIONES	2			C2	73	100		30
		3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

Imagen 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 es el método automático, la desventaja que tiene este método es que no pueden clasificar los vehículos, cosa que es factible cuando se usa el método manual.

En seguida se presentará el aforo vehicular en el cual se indica el tipo de vehículo de acuerdo a la norma y como complemento se muestran los peatones,

bicicletas y motocicletas que circulan por la calle 1 en la colonia La Cortina (ver anexo 1), en Uruapan, Michoacán, también se indica el día y la hora en la cual se asistió para realizar dicho aforo. Cabe mencionar que se utilizó el método manual.

AFORO VEHICULAR					
TIPO	LUNES 21 DE ABRIL 10:00 A 11:00 AM	MIÉRCOLES 23 DE ABRIL 10:34 A 11:34 AM	JUEVES 24 DE ABRIL 12:23 A 1:23 PM	MARTES 29 DE ABRIL 11:50 A 12:50 AM	VIERNES 2 DE MAYO 12:00 A 1:00 PM
AUTOMOVILES TIPO A2	35	35	37	42	36
CAMEONETAS PICK UP TIPO C2	15	24	31	19	24
CAMEONETAS CERRADAS B2	7	11	10	1	5
CAMEONES TIPO B3	5	7	9	0	3
MOTOCICLETAS	10	4	25	14	13
BICICLETAS	4	4	4	0	4
PEATONES	56	25	73	39	66

Tabla 5.1 Aforo vehicular.

Fuente: propia

5.2 Valor Relativo de Soporte (VRS).

Existen diversos factores los cuales pueden afectar los resultados de VRS de un suelo lo cuales son: la textura del suelo en la superficie interior del molde, el contenido de agua el cual no sea el óptimo, y la condición de compactación dada al

espécimen. En seguida se mostrará el cálculo del VRS en el cual se muestran los resultados obtenidos de esta prueba de penetración.

LECTURAS DE ENSAYE		
CTE CARGA;	3079.11 (LECT)-5.96 EN KG	
DEF. (MM)	LEC. (MM)	CARGA (KG)
0		
2	0.098	295.79
4	0.120	363.53
6	0.301	920.85
8	0.366	1120.99

FÓRMULA DEL VRS	
VRS =	$\frac{2da\ lecture}{1425} \times 100$

VALOR RELATIVO DE SOPORTE	
VRS (%) =	26

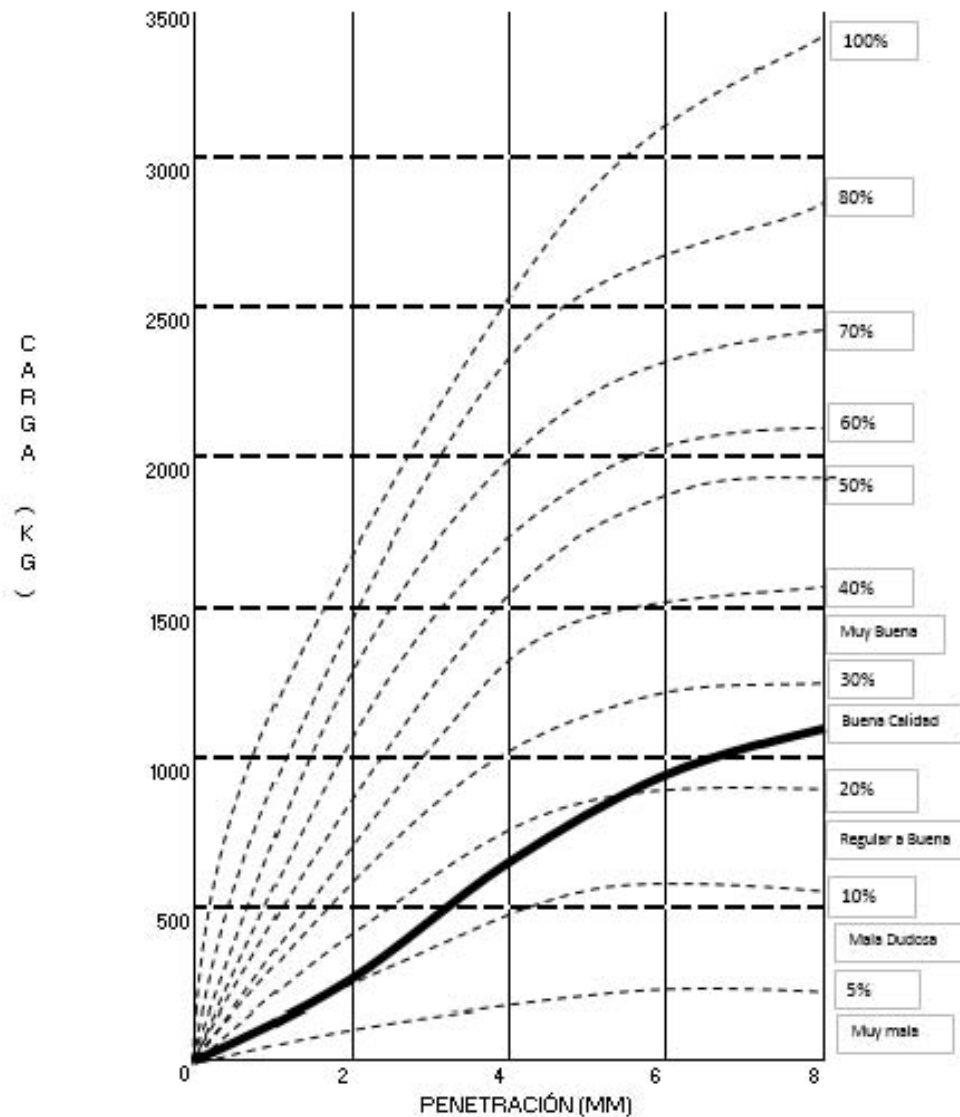
CAPAS	VRS (MIN)
TERRAPLEN	5
SUBYACENTE	10
SUBRASANTE	20
SUBBASE	50/60
BASE	80

CALIDAD DE LA MUESTRA
Subrasante de buena calidad

Tabla 5.2 Cálculo del VRS.

Fuente: Propia.

Por lo tanto, se determinó un VRS de 26% el cual es un valor que se deberá tomar en cuenta para la realización del diseño de pavimento rígido. Enseguida se muestra una gráfica del VRS:



Gráfica 5.1 Determinación del VRS.

Fuente: Propia.

En la gráfica anterior se puede observar el VRS del 26% el cual indica que la subrasante da de buena calidad ya que se encuentra entre los valores del 20% al 30%.

5.3 Diseño de pavimento rígido.

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

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

RESUMEN DE AFORO VEHICULAR					
AUTOMOVILES TIPO A2	35	35	37	42	36
CAMEONETAS PICK UP TIPO C2	15	24	31	19	24
CAMEONETAS CERRADAS B2	7	11	10	1	5
CAMEONES TIPO B3	5	7	9	0	3

Tabla 5.3 Resumen aforo vehicular.

Fuente: Propia.

Ya obtenido el resumen del aforo, enseguida se hace un promedio de vehículos que transitan la vialidad, por lo cual se tomará el total de vehículos transitados para después dividirlos por los días que se asistió a realizar el aforo, en este caso fueron cinco días.

PROMEDIO DE VEHICULOS SEMANALES		
TIPO	TOTAL	PROMEDIO
A2	185	37
C2	113	23
B2	34	7
B3	24	5

Tabla 5.4 Promedio de vehículos.

Fuente: Propia.

5.3.1 Cálculo del TPDA.

Obteniendo el promedio de vehículos se multiplicará por 12 que son las 12 horas del día, ya que las otras 12 horas restantes son las de la noche y baja notablemente el tránsito vehicular. Al sumar el total de vehículos transitables en un periodo de 12 horas se obtiene el TPDA, el cual fue de 854 vehículos.

CALCULO DE TPDA		
TIPO	PROMEDIO DE VEHICULOS SEMANALES	PERIODO 12 HORAS
A2	37	444
C2	23	271
B2	7	82
B3	5	58

TPDA
854

Tabla 5.5 Cálculo del TPDA.

Fuente: Propia.

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

DETERMINACION DEL % DE VEHICULOS PARA EL DISEÑO			
TIPO	PERIODO 12 HORAS	TPDA	%
A2	444	854	51.97
C2	271	854	31.74
B2	82	854	9.55
B3	58	854	6.74

TOTAL %
100

Tabla 5.6 Porcentajes de vehículos.

Fuente: Propia.

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

RESUMEN DE % DE ACUERDO AL TIPO DE VEHICULO	
TIPO	PORCENTAJE
A1	26
A2	23.97
B2,B3	16.29
C2	31.74
TS-S1	2

TOTAL %
100

Tabla 5.7 Porcentajes de vehículos de acuerdo a su tipo.

Fuente: Propia.

5.3.2 Calculo del volumen total de vehículos esperados (VT).

Un factor a considerar será el periodo de diseño del pavimento el cual es seleccionado en función del tipo de vía, nivel de tránsito y un análisis económico y de servicio, generalmente para pavimento rígidos es de 20 años, este valor será utilizado para el diseño y se utilizará una tasa de crecimiento anual del 20%. El dato necesario es el FT (factor de proyecto) el cual se obtiene con la formula siguiente:

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

Calculando se obtiene:

FP=	1.27
-----	------

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

- 1.- 1.3 Casos especiales con muy altos volúmenes de tráfico pesado y cero mantenimientos.
- 2.- 1.2 Para Autopistas o vialidades de varios carriles en donde se presentará un flujo ininterrumpido de tráfico y altos volúmenes de tráfico pesado.
- 3.- 1.1 Autopistas y vialidades urbanas con volúmenes moderados de tráfico pesado.
- 4.- 1.0 Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.

Para efectos de diseño del pavimento rígido y de las características del camino se tomará un factor de seguridad 1.

En seguida se calculará el volumen total de vehículos esperados en la vía de proyecto con la siguiente fórmula:

$$VT = \frac{TPDA(FP)}{N} (TCP/100) (CCP) 365 (n)$$

Donde:

VT: volumen total de vehículos esperados en la vía de proyecto.

FP: Factor de proyecto.

N: Número de carriles.

TPDA: Tránsito promedio diario anual.

TCP: Porcentaje de vehículos pesados. (Suma de porcentajes de vehículos excluyendo tipo A1 y tipo A2).

n : Periodo de diseño (años).

CCP: Factor de seguridad.

Sustituyendo valores en la fórmula del VT resulta que:

VT =	3961476.08
------	------------

Teniendo todos los resultados requeridos, se recolectan en las siguientes tablas, de tal modo que se facilite el cálculo requerido para determinar las repeticiones esperadas en ejes sencillos como en eje tandem.

DATOS GENERALES DEL AFORO DE CAMPO					
CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO EN PORCENTAJE:			DATOS GENERALES:		
A1 =	26.00%	A2 =	23.97%	B2, B3 =	16.29%
C2 =	31.74%	C3 =	0.00%	T2 - S1 =	2.00%
T2 - S2 =	0.00%	T3 - S2 =	0.00%	T3 - S3 =	0.00%
Suma Porcentaje =			100.00%	TPDA =	854.4
				TASA CRECIMIENTO ANUAL	1.20%
				PERIODO DE DISEÑO AÑOS	20.0

Tabla 5.8 Datos generales.

Fuente: Propia.

CALCULO DEL VOLUMEN TOTAL DE VEHICULOS EN LA VIDA DE PROYECTO.					
TPDA	854.4	Tránsito promedio diario anual.	$n =$	20.0	P. de diseño (años).
FP =	1.27	Factor de Proyección.			
N =	1.0	Numero de carriles en un sentido.	$V_t =$	$\frac{TPDA (FP)}{N} \left(\frac{TCP}{100}\right) \left(\frac{CCP}{100}\right) (365)(n)$	
r =	1.20%	Tasa de crecimiento anual.			
Tcp =	50.03%	Porcentaje de vehículos pesados.			
CCP =	1.0	Factor corrección de tránsito en el carril de diseño.		$vt =$	3,961,476.08

Tabla 5.9 Cálculo del volumen total de vehículos en la vida útil del proyecto.

Fuente: Propia.

En la siguiente tabla muestra el cálculo de las repeticiones esperadas del proyecto.

DETERMINACION DE REPETICIONES ESPERADAS.								
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Número de Vehículos	Número de Ejes del Vehículo		Peso de los Ejes. (Ton)		
				Delanteros	Traseros	TOTALES	Delanteros	Traseros
EJES SENCILLOS								
A2	2.0	50.0%	427	427	427	854	1.0	1.0
B2	15.5	16.3%	139	139	139	278	5.5	10.0
C2	15.5	31.7%	271	271	---	271	5.5	---
C3	23.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---
T2-S1	24.5	2.0%	17	17	---	17	5.5	---
T2-S2	31.5	0.0%	0	0	---	0	5.5	---
T3-S2	39.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---
T3-S3	43.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---
EJES TANDEM								
C2	15.5	31.7%	271	---	271	271	---	18.0
C3	23.0	0.0%	0	---	0	0	---	18.0
T2-S1	24.5	2.0%	17	17	17	34	18.0	18.0
T2-S2	31.5	0.0%	0	0	0	0	18.0	18.0
T3-S2	39.0	0.0%	0	0	0	0	18.0	22.5
T3-S3	43.0	0.0%	0	0	0	0	18.0	22.5

DETERMINACION DE REPETICIONES ESPERADAS.						
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Clasificación de Ejes		Total Ejes C/1000 Vehículos	REPETICIONES ESPERADAS
			Peso Eje	Total Ejes		
EJES SENCILLOS						
A2	2.0	50.0%	1	854	999.53	3,959,621.46
B2	15.5	16.3%	10	278	325.37	1,288,963.43
C2	15.5	31.7%	5.5	271	317.18	1,256,507.51
C3	23.0	0.0%			0.00	0.00
T2-S1	24.5	2.0%	5.5	17	19.90	78,821.50
T2-S2	31.5	0.0%			0.00	0.00
T3-S2	39.0	0.0%			0.00	0.00
T3-S3	43.0	0.0%			0.00	0.00
EJES TANDEM						
C2	15.5	31.7%	18	271	317.18	1,256,507.51
C3	23.0	0.0%			0.00	0.00
T2-S1	24.5	2.0%		34	39.79	157,643.01
T2-S2	31.5	0.0%			0.00	0.00
T3-S2	39.0	0.0%			0.00	0.00
T3-S3	43.0	0.0%			0.00	0.00

Tabla 5.10 Determinación de repeticiones esperadas.

Fuente: Propia.

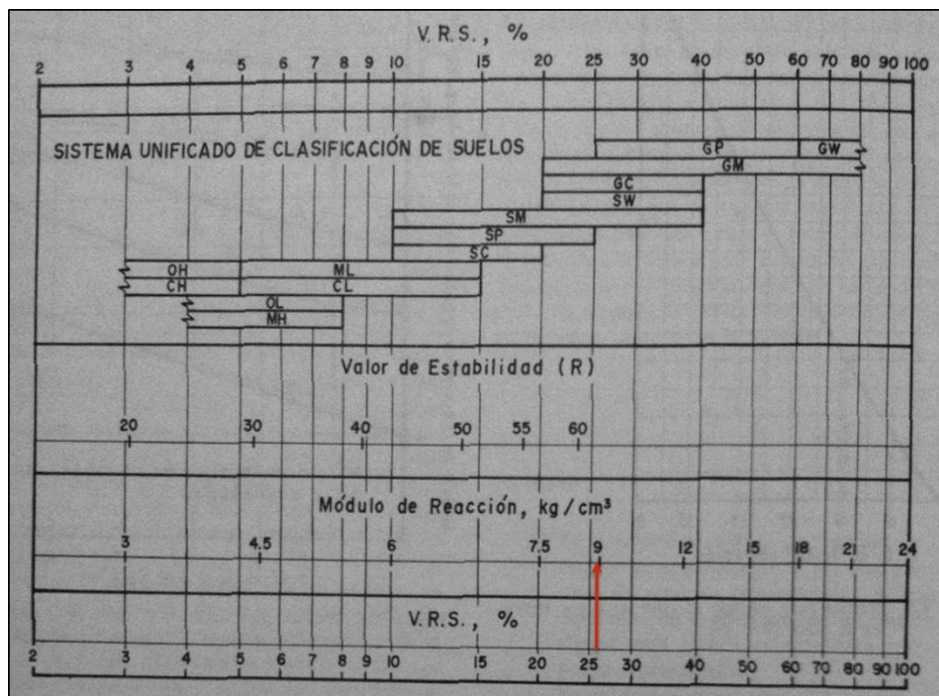
Teniendo los resultados de las repeticiones esperadas se procede a calcular el espesor de la subbase y el espesor de la losa de concreto. Para esto es necesario varios valores, uno de ellos es el Módulo de Ruptura (MR) el cual se propone de 40 kg/cm². Utilizando la siguiente fórmula:

$$MR = 0.12 f'c$$

Sustituyendo valores resulta:

F'c =	333.333
--------------	----------------

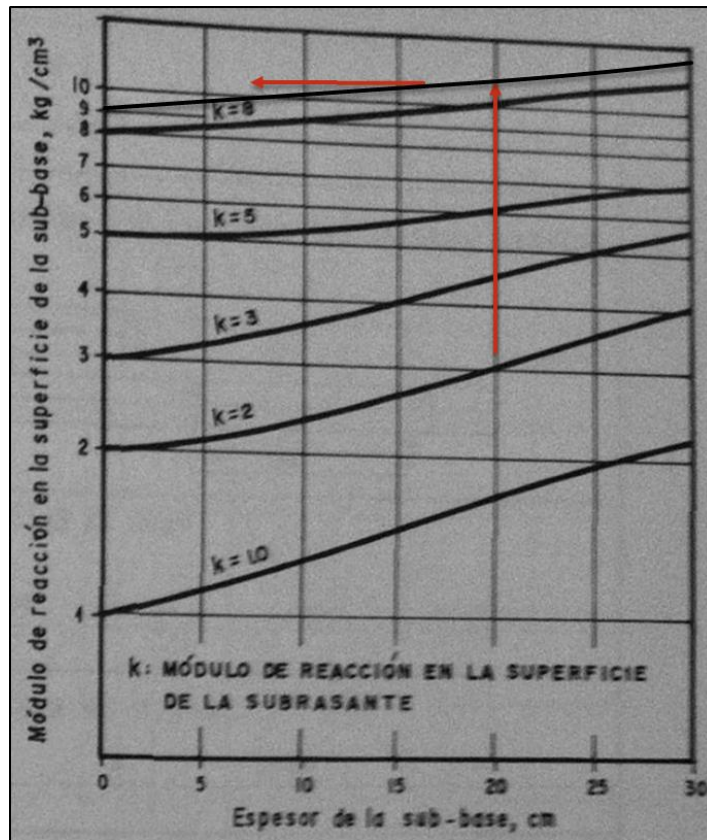
Teniendo el VRS de 26% se entra a la siguiente gráfica para determinar el Módulo de Reacción (k) el cual resulta de 9 kg/cm³.



Gráfica 5.2 Módulo de reacción.

Fuente: Rico y Del Castillo; 1994: 212.

Enseguida este valor obtenido aún es necesario mejorarlo, para ello es necesario proponer el espesor de la subbase el cual será de 20 cm. Con estos dos datos se entra a la siguiente gráfica para obtener el Módulo de Reacción mejorado.



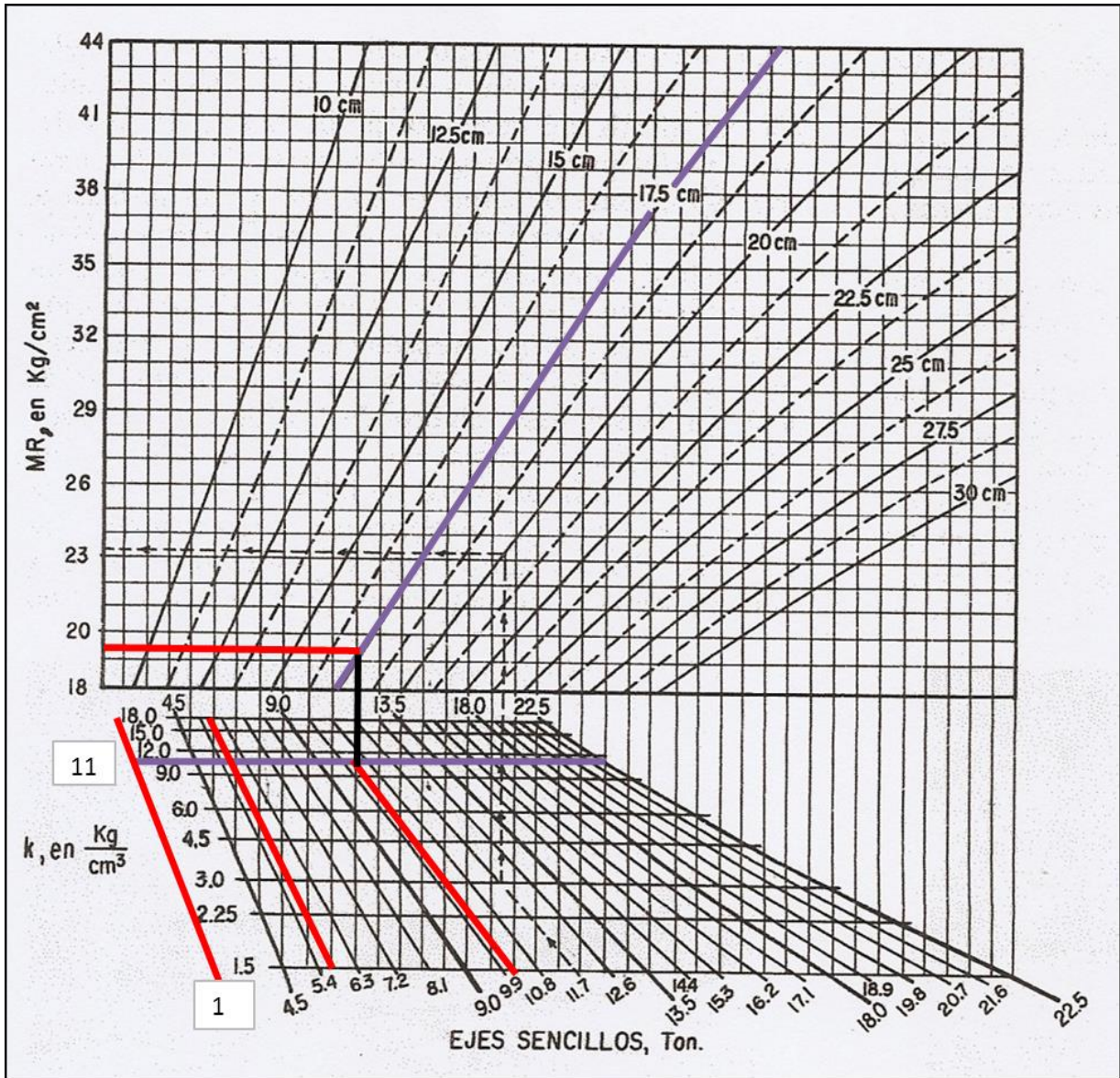
Gráfica 5.3 Módulo de reacción mejorado.

Fuente: Rico y Del Castillo; 1994: 211.

Se obtuvo un módulo de reacción mejorado (k) de 11 kg/cm³, entrando con el espesor de la sub-base propuesta de 20 cm y el módulo de reacción de 9 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 11 kg/cm³, y los pesos en ejes sencillos de acuerdo al tipo de vehículo, en este caso los pesos son de 1 ton, 5.5 ton y 10 ton.

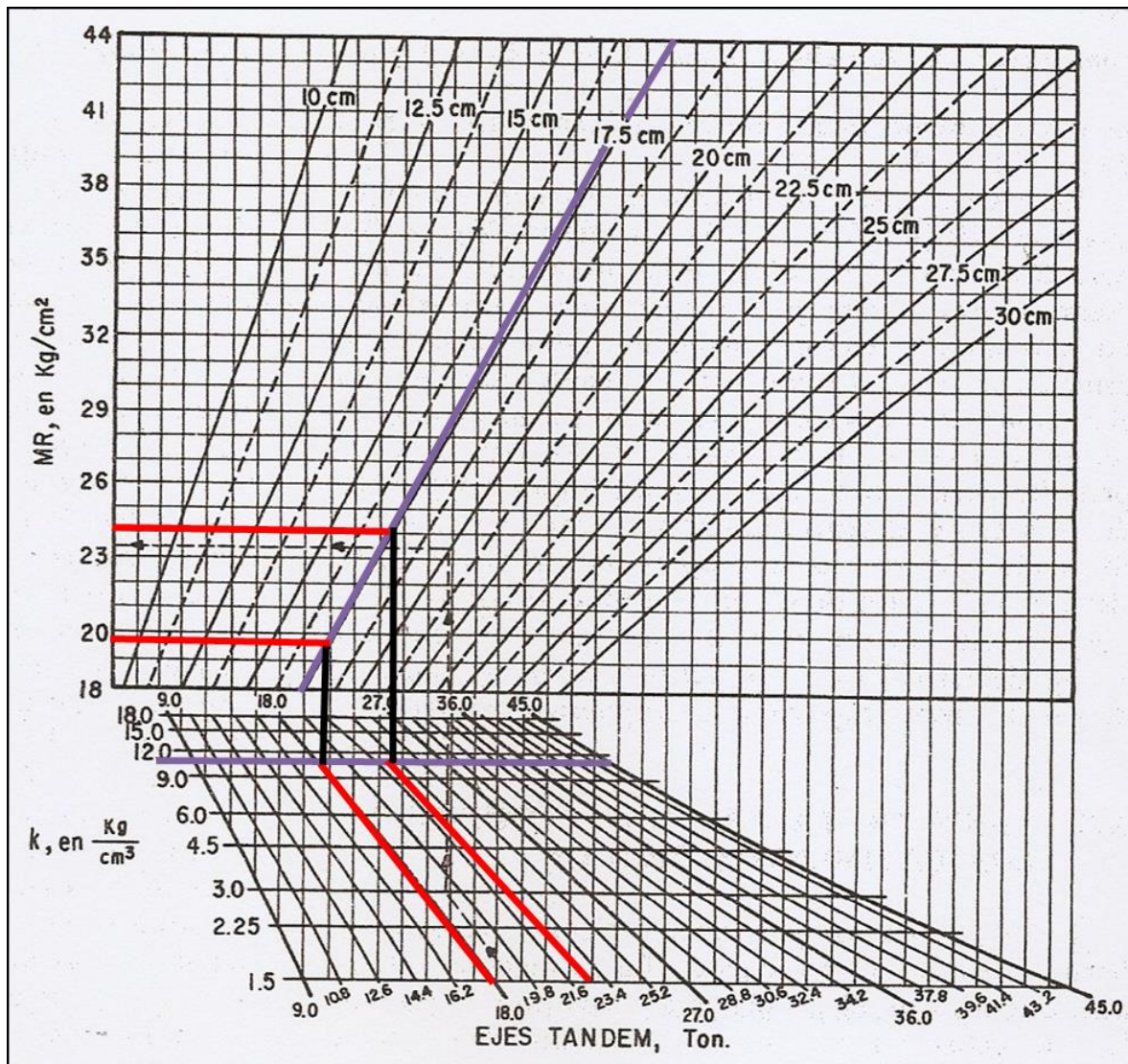


Gráfica 5.4 Esfuerzos actuantes en ejes sencillos.

Fuente: Rico y Del Castillo; 1994: 222.

Al entrar con los valores anteriormente dichos se obtiene que para 1 ton se tiene un MR menor de 18 kg/cm², para 5.5 ton se tiene un MR menor de 18 kg/cm² y para 10 ton se tiene un MR de 19.5 kg/cm².

De igual manera se hace el mismo procedimiento pero ahora con el peso de ejes tandem de acuerdo al tipo de vehículo, los cuales son de 18 ton y 22.5 ton.



Gráfica 5.5 Esfuerzos actuantes en ejes tandem.

Fuente: Rico y Del Castillo; 1994: 222.

Al entrar con los valores correspondientes se obtiene que para 18 ton se tiene un MR de 19.8 kg/cm² y para 22.5 t un MR de 24 kg/cm². Ahora al tener los valores de MR para ejes sencillos y ejes tandem es necesario calcular la relación de resistencias, la cual solo se calculará para los valores de MR mayor a 18 kg/cm² los que sean menores se tomará una relación de resistencias de 0.50. Esta relación de resistencias se calculará mediante la siguiente fórmula:

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

Calculando para ejes sencillos:

Rr =	0.49
------	------

Calculando para ejes tandem:

Rr =	0.50
Rr =	0.60

Teniendo los valores de las relaciones de resistencias se procede entrar a la imagen 5.2, la cual indica el número permisible de repeticiones.

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

Imagen 5.2 Tabla de repeticiones permisibles.

Fuente: Rico y Del Castillo; 1994: 215.

Teniendo por último el número permisible de repeticiones se procederá a calcular el porcentaje de fatiga consumido, el cual se obtiene de la fórmula siguiente:

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

Enseguida sabiendo todos los datos anteriores se procederá a calcular la losa de concreto hidráulico, para determinar si es factible el espesor de la losa propuesta anteriormente que es de 17.5 cm.

CÁLCULO DEL ESPESOR DE LOSA					
Módulo de Ruptura kg/cm ² =	40.00	Concreto f'c 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	26.00	VRS de diseño saturado:	26.00		
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 =	11.00	20.00			
Tomando en cuenta los datos del tránsito y las propiedades mecánicas del concreto se determinará la fatiga consumida mediante la siguiente tabla.					
SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 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	19.5	0.49	INFINITAS	0.0%
EJES TANDEM					
18.0	18.0	19.8	0.50	INFINITAS	0.0%
22.5	22.5	24	0.60	32000.00	0.0%
SUMA =					0%

Tabla 5.11 Cálculo de losa.

Fuente: Propia.

Teniendo el cálculo realizado y proponiendo un espesor de losa de concreto hidráulico de 17.5 cm, nos resulta la suma de porcentajes de fatiga consumidos del 0% lo cual indica que el espesor de la losa es factible y es utilizable para el

pavimento. Por lo tanto, el diseño de espesores del pavimento rígido queda de la siguiente manera:


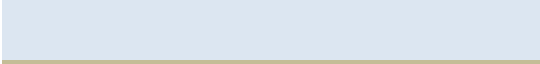

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PROPUESTO:		
Espesor (cm)	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	NOTAS
17.50		CONCRETO HIDRAULICO MR 40 KG/CM2
20.00		SUBBASE HIDRAULICA VRS MIN 50%
-		TERRENO NATURAL

Tabla 5.12 Estructura de pavimento.

Fuente: Propia.

Se concluye por lo tanto, que se utilizará una estructura de 17.5 cm de concreto hidráulico, Mr de 40 (kg/cm²), asentada sobre una sub-base de 20 cm (VRS min. del 50%).

5.4 Diseño de las juntas.

Teniendo el espesor necesario de la losa de concreto hidráulico que se utilizará para el proyecto, se realizará el diseño de las juntas requeridas, con el objetivo de controlar el agrietamiento o fisuración natural que sufre un concreto hidráulico durante su construcción y su vida de uso. Así mismo las juntas sirven para

dividir el pavimento en secciones para el proceso constructivo y permiten la transferencia de cargas entre losas.

En la siguiente imagen se muestra el tamaño de la varilla y la distancia requerida para las juntas longitudinales de acuerdo al espesor de pavimento, así mismo se señala con color rojo las medidas utilizadas para el pavimento de espesor de 17.5 cm.

ESPESOR PAVIMENTO (CM)	TAMAÑO DE VARILLA (CM)	DISTANCIA AL EXTREMO LIBRE (CM)			
		305	366	427	732
12.7	1.27 x 61	76	76	76	71
14	1.27 x 64	76	76	76	64
15.2	1.27 x 66	76	76	76	58
16.5	1.27 x 69	76	76	76	53
17.8	1.27 x 71	76	76	76	51
19.1	1.27 x 74	76	76	76	46
20.3	1.27 x 76	76	76	76	43
21.6	1.27 x 79	76	76	76	41
22.9	1.59 x 76	91	91	91	61
24.1	1.59 x 79	91	91	91	58
25.4	1.59 x 81	91	91	91	56
26.7	1.59 x 84	91	91	91	53
27.9	1.59 x 86	91	91	91	51
29.2	1.59 x 89	91	91	91	48
30.5	1.59 x 91	91	91	91	46

Imagen 5.3 Tabla de varillas y longitudes.

Fuente: Manual del constructor; 2003: 180.

Por lo tanto, las juntas longitudinales quedan de la siguiente manera:

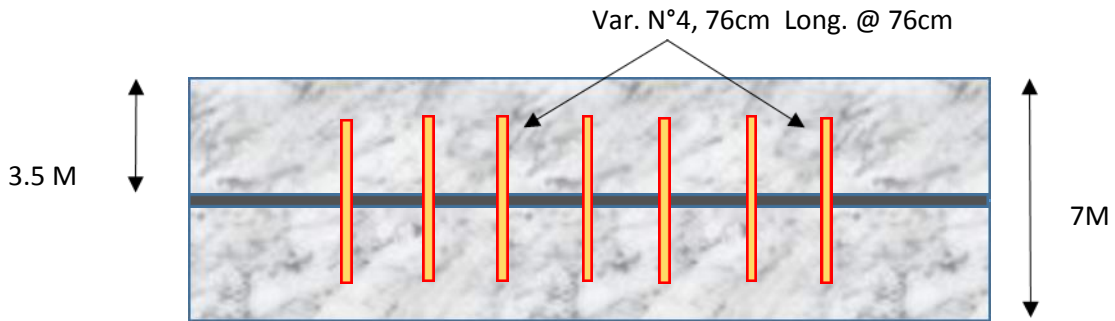


Imagen 5.4 Armado de juntas longitudinales.

Fuente: Propia.

Enseguida se determinará el diseño de pasajuntas las cuales se usan en las juntas transversales para transferir las cargas a las losas adyacentes. El uso de estas pasajuntas puede minimizar las fallas por bombeo.

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

Imagen 5.5 Tabla de diámetros y longitudes para pasajuntas.

Fuente: Manual del constructor; 2003: 183.

En la tabla anterior se puede observar los diámetros recomendados en este caso están señalados los que se utilizarán en el diseño de las pasajuntas. Por lo tanto las pasajuntas quedarán de la siguiente manera:

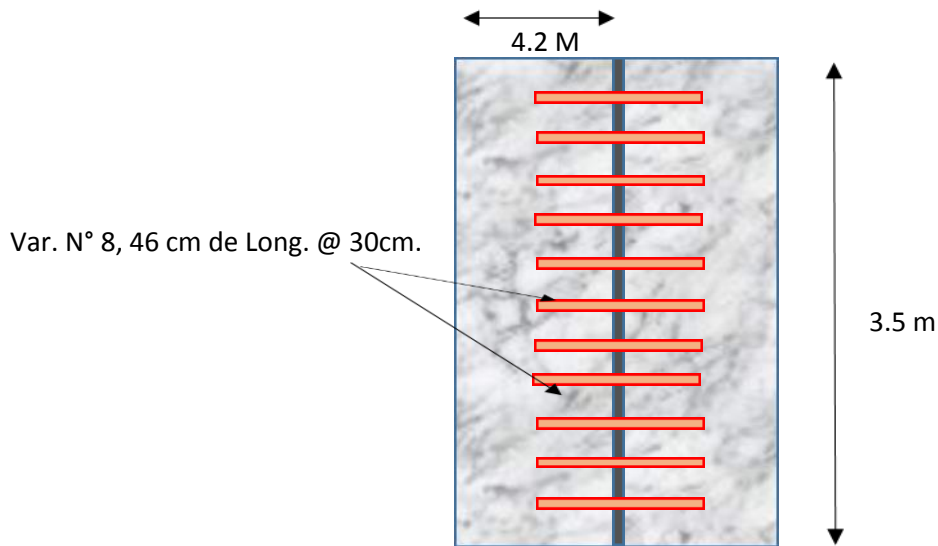


Imagen 5.6 Armado de pasajuntas transversales.

Fuente: Propia.

Por último, se procede a diseñar la modulación de las losas la cual se refiere a definir la forma que tendrán los tableros del pavimento. Esta forma se da en base a la separación entre juntas transversales y 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 siguiente manera:

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

Donde:

SJT = Separación de juntas transversales (≤ 5 m).

D = Espesor del pavimento.

Sustituyendo valores resulta:

SJT =	420
-------	-----

Obteniendo los resultados de la anterior formula resulta que $SJT < 5$ m. Para aceptar este valor debe cumplir con la siguiente expresión:

$$0.71 < X/Y < 1.4$$

En donde:

X = Distancia vertical de la losa.

Y = Distancia horizontal de la losa.

Sustituyendo valores resulta:

$$0.71 < \boxed{1.2} < 1.4$$

Por lo tanto, cumple con la separación de juntas, por lo que el armado del pavimento queda de la siguiente manera:

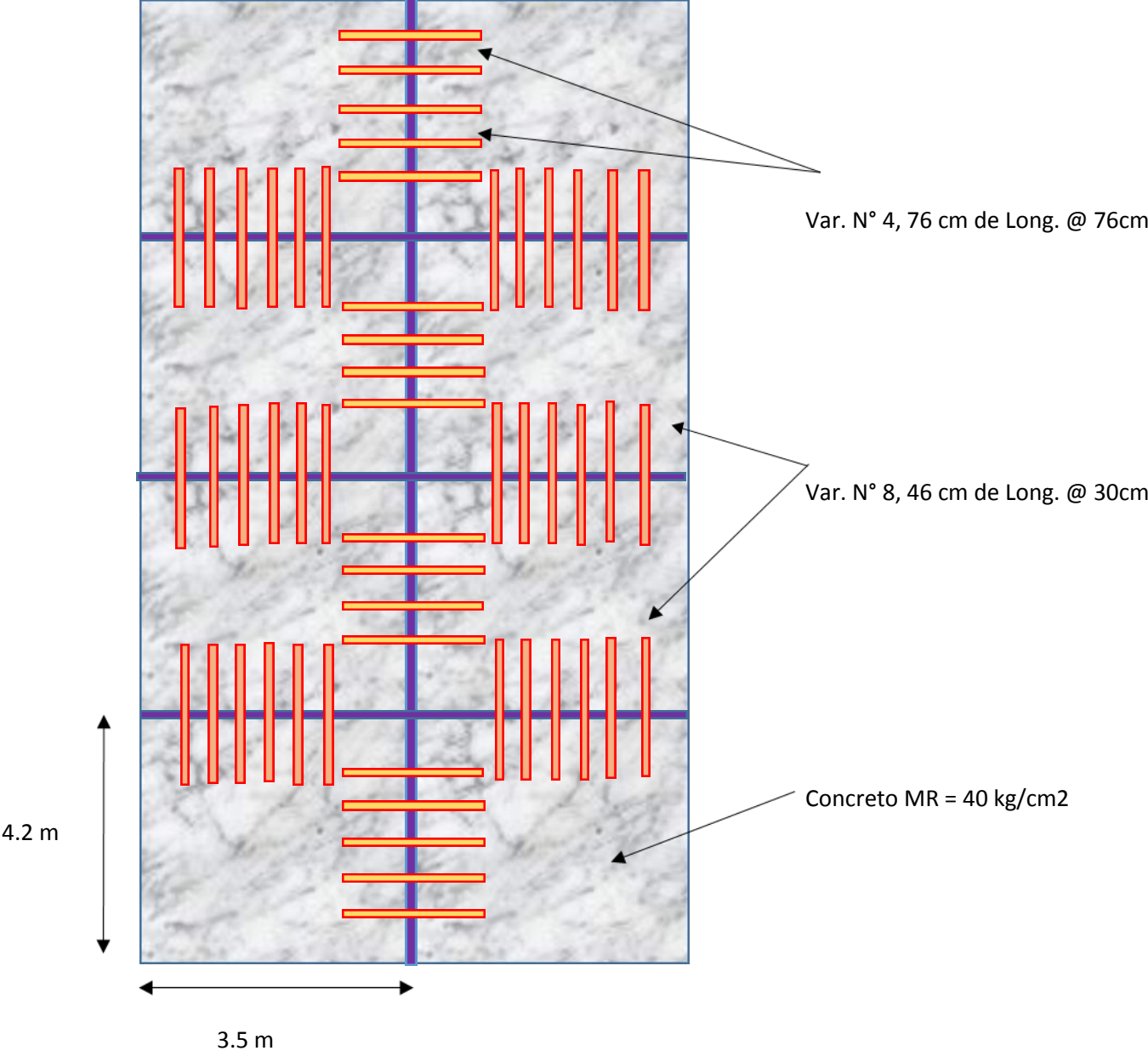


Imagen 5.7 Armado del pavimento.

Fuente: Propia.

Teniendo el croquis de armado con las varillas a utilizar, podemos decir que el cálculo nos arroja un pavimento de una base de rodamiento de concreto hidráulico de 17.5 cm de espesor, con un MR de concreto de 40 kg/cm², a su vez esta capa estará sentada en una subbase de 20 cm de espesor, estas capas estarán sentadas sobre el terreno natural.

CONCLUSIONES

Luego de realizar la presente investigación, que pretendía como objetivo general “Diseñar el proyecto de pavimentación para la urbanización de la colonia la Cortina en la ciudad de Uruapan, Michoacán”, del cual cabe mencionarse que si se cumplió, ya que el resultado fue que el diseño del pavimento quedó con una capa de rodamiento de concreto hidráulico de 17.5 cm, con una sub-base hidráulica de 20 cm, que van sentadas sobre el terreno natural.

Asimismo, se plantearon seis objetivos particulares, los cuales se cumplieron a cabalidad, pues con respecto al primero de ellos que buscaba definir conceptualmente el término urbanización (vía pública), éste si se cumplió, ya que se menciona en los antecedentes el cual dice de la siguiente manera: La urbanización “es un conjunto de viviendas situadas generalmente en un antiguo medio rural junto a otras poblaciones.” (www.wikipedia.org), y en el capítulo 2 del proyecto el cual dice de la siguiente forma: “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)

Con respecto al segundo objetivo particular, que era señalar los requisitos legales para urbanizar una colonia, también si se cumplió ya que en el capítulo 1 en el subtema 1.1 se menciona la normatividad para el desarrollo de proyectos de urbanización, así mismo menciona todos los requisitos y normas a las que se debe apegar un proyecto de urbanización.

El tercer objetivo era determinar el estado físico actual de las vialidades de la colonia la Cortina en la ciudad de Uruapan, Michoacán, el cual se cumplió en el capítulo 3 en el subtema 3.4 donde menciona las vialidades ineficientes que presenta esta colonia para el flujo de vehículos y peatones.

El cuarto objetivo particular era determinar el concepto de pavimentación, el cual se cumplió en el capítulo 2 en el subtema 2.2 el cual dice de la siguiente manera: partiendo de lo mencionado por Badillo y Rodríguez (2004), se entiende por pavimento a la capa o conjunto de capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento de cualquier obra vial, la cual tiene como finalidad proporcionar una superficie de rodamiento uniforme y estable, resistente al tránsito de los vehículos, el intemperismo ocasionado por los agentes naturales y a cualquier otro agente que provoque algún daño.

El penúltimo objetivo era señalar el procedimiento de pavimentación, el cual si se cumplió en el capítulo 5, ya que se menciona paso a paso el procedimiento que se llevó a cabo para determinar el diseño de la estructura del pavimento y por último era calcular la pavimentación de la colonia la Cortina, el cual si se cumplió al dar como resultado la estructura del pavimento.

Ahora bien, en cuanto a la pregunta de investigación que señalaba ¿Cuál es el diseño del proyecto de pavimentación para la urbanización de la colonia la Cortina en la ciudad de Uruapan, Michoacán?, ésta fue contestada al determinar la estructura del pavimento, el cual fue de una base de concreto hidráulico de 17.5 cm, donde el

concreto tiene un $MR = 40 \text{ kg/cm}^2$, su subbase es de 20 cm, donde tiene un VRS mínimo del 50%, esta base y subbase están sentadas a su vez en el terreno natural.

Finalmente se llegó a la conclusión que el diseño del pavimento anteriormente mencionado es factible para la colonia La Cortina de la ciudad de Uruapan, Michoacán, ya que no cuenta con este servicio y por consecuencia es complicado el flujo de vehículos y peatones por esta zona.

BIBLIOGRAFÍA

Arias Rivera, Carlos G. (2007)

Cuaderno de Comportamiento de Suelos.

Facultad de Ingeniería. UNAM.

Arnal Simón Luis, Betancourt Suárez Max. (2005)

Reglamentó de Construcciones para el Distrito Federal.

Editorial Trillas, 811 pp.

Congreso de Michoacán de Ocampo. (2011)

Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán.

México.

Crespo Vállalaz, Carlos. (1996)

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

Editorial Limusa, 717 pp.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2010)

Metodología de Investigación.

Mc Graw Hill, México.

Juárez Badillo, Rico Rodríguez Alfonso. (2002)

Mecánica de Suelos.

Tomo 1. México.

Juárez Badillo, Rico Rodríguez Alfonso. (2004)

Mecánica de Suelos.

Tomo 2. México.

Manual del Constructor. (2003)

Primera Edición.

Editorial Cemex. México.

Mendieta Alatorre, Ángeles. (2005)

Métodos de Investigación y Manual Académico.

Editorial Porrúa, México.

Mier Suarez, José Alfonso. (1987)

Introducción a la Ingeniería de Caminos.

UMSNH, México.

Molinero y Molinero, Ángel y Cols. (1998)

Transporte Público.

Editorial ICA, México.

Montes de Oca, Miguel. (1981)

Topografía.

México.

Oliveira Bustamante, Fernando. (2006)

Estructuración de Vías Terrestres.

Editorial CECSA. México.

Reyes Ibarra, Mario A. y Hernández Navarro, Antonio. (2009)

Tratamiento de Errores en Levantamientos Topográficos.

INEGI, México.

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

La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y
Aeropistas. (Volumen 2)

Editorial Limusa, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1986)

Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras.

MDCTCC. México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1991)

Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.

Editorial México, México.

Tamayo y Tamayo, Mario. (2000)
El Proceso de la Investigación Científica.
Mc Graw Hill, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

<http://www.wikipedia.org/urbanizacion>

<http://www.wikipedia.org/pavimento>

<http://www.plataformaurbana.cl/archive/2008/02/14/transantiago-la-infraestructura-tecnologica-al-debe/>

<http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2013/05/13/898794>

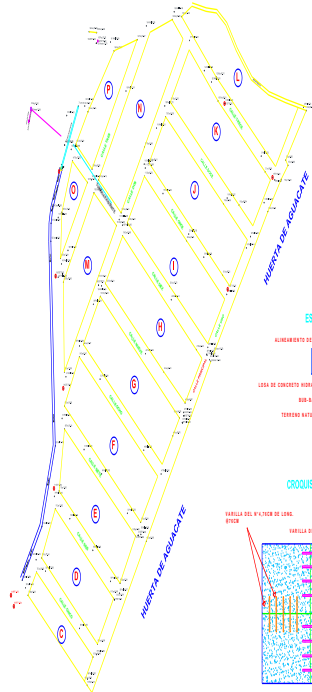
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:I-90_and_I-5_cloverleaf_seattle_washington.jpg

<http://www.mexicodiplomatico.org/mexico.htm>

<http://www.redime.org/index.php?/Jesus-es-tu-Respuesta/uruapan.html>

ANEXOS

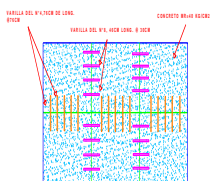
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO



ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO



CROQUIS DE ARMADO DEL PAVIMENTO



ESPECIFICACIONES:

EL DISEÑO DEL PAVIMENTO CONTRA EL DESLIZAMIENTO DE PAVIMENTO DE CONCRETO ARMADO DE 15 CM CON UN MÓDULO DE LA CAL DE 20000 SOBRE UNA BASE DE 20 CM. EL CUAL CONTRA EL VIENTO DEL VIENTO DE 100 KM/H EN ESTERIORES ESPERANZA SOBRE EL TERRENO NATURAL.

EL ARMADO DEL PAVIMENTO CONTRA LA FLEXION CONTROLADO CON VARILLA DEL # 4 DE TEBOR DE LONG. 8.00 CM. EL BARRERA CONTRA CONCRETO ARMADO TRANSPORTADO EN VARILLA DEL # 4. MÓDULO LONG. 8.00 CM. EN LAS CALLES TIENE LA FLEXION CONTROLADO. CONTROLAR EL ARMADO MATERIAL DEL CONCRETO.

NOTA:

ORDEN DE EJECUCION

FECHA: 01/01/2024

ANEXO 1

ESTADO LIBRETO	PROYECTO
UBICACION DE LA OBRA	
PROYECTO	FECHA
PROYECTO	FECHA
PROYECTO	FECHA