



UNIVERSIDAD
DON VASCO, A.C.

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

PROPUESTA DE RE-ENCARPETAMIENTO DE CONCRETO PARA LA CALLE ATENAS, UBICADA EN LA CIUDAD DE URUAPAN, MICH.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Carlos Fernando Ramírez Solórzano.

Asesor: Ing. Guillermo Navarrete Calderón

Uruapan, Michoacán, 09 de Enero del 2017.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

Introducción.

Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema.....	3
Objetivos.....	4
Pregunta de investigación.....	5
Justificación.....	5
Marco de referencia.....	6

Capítulo 1.- Vías Terrestres.

1.1. Definición de vía terrestre.....	8
1.2. Clasificación de caminos.....	9
1.2.1. Clasificación por transitabilidad.....	9
1.2.2. Clasificación administrativa.....	10
1.2.3. Clasificación técnica oficial.....	10
1.3. Capas del Pavimento.....	11
1.4. Pavimentación.....	13
1.4.1. Pavimentos Flexibles.....	15

1.4.1.1. Tipos de Carpetas Asfálticas.....	16
1.4.1.1.1. Carpetas por el Sistema de Riego.....	17
1.4.1.1.2. Carpetas Asfálticas de Mezclas en el Lugar.....	18
1.4.1.1.3. Carpetas de Concreto Asfáltico.....	19
1.4.2. Pavimentos Rígidos.....	20
1.4.2.1. Proceso de construcción de pavimentos rígidos.....	22
1.5. Tránsito.....	24
1.6. Señalización.....	27
1.6.1. Señales preventivas.....	27
1.6.2. Señales restrictivas.....	29
1.6.3. Señales informativas.....	31

Capítulo 2.- Concreto.

2.1. Definición de concreto.....	34
2.2. Historia del concreto.....	36
2.3. Características y comportamiento del concreto.....	38
2.3.1. Características mecánicas.....	39
2.3.2. Características físicas del concreto.....	40

2.3.3. Resistencia.....	41
2.3.4. Consistencia del concreto fresco.....	42
2.3.5. Durabilidad.....	43
2.4. Características de los componentes del concreto.....	44
2.4.1. Cemento.....	45
2.4.2. Agregados.....	46
2.4.2.1. Porosidad y absorción del agregado.....	47
2.4.3. Agua.....	49
2.4.3.1. Agua para mezcla.....	50
2.4.3.2. Agua para curado.....	51
2.4.4. Aditivos.....	52
2.5. Fabricación del Concreto.....	53
2.6. Colocación del concreto.....	56
2.6.1. Colocación de armaduras.....	56
2.6.2. Cimbrado.....	56
2.6.3. Colocación y compactación.....	57
2.6.4. Curado.....	58
2.6.5. Des-cimbrado y acabados.....	59

Capítulo 3.- Resumen Ejecutivo de Macro y Micro Localización.

3.1. Generalidades.....	60
3.1.1. Objetivo.....	60
3.1.2. Alcance del proyecto.....	61
3.2. Resumen ejecutivo.....	61
3.3. Entorno geográfico.....	62
3.3.1. Macrolocalización.....	62
3.3.2. Microlocalización.....	63
3.3.3. Datos geográficos.....	67
3.4. Reporte fotográfico.....	68
3.5. Estado físico actual.....	73
3.6. Alternativas de solución.....	73
3.6.1. Planteamiento de alternativas.....	74

Capítulo 4.- Metodología.

4.1.- Método empleado.....	75
4.1.1.- Método matemático.....	76
4.2.- Enfoque de la investigación.....	78

4.2.1.- Alcance de la investigación.....	79
4.3.- Diseño de la investigación.....	81
4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.....	83
4.5.- Descripción del proceso de investigación.....	84

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

5.1. Plano topográfico.....	85
5.2. Diseño de pavimento de concreto por el método AASTHO.....	86
5.2.1. Espesor.....	87
5.2.2. Serviciabilidad.....	87
5.2.3. Tránsito.....	89
5.2.4. Transferencia de carga.....	92
5.2.5. Propiedades del concreto.....	95
5.2.6. Resistencia a la subrasante.....	96
5.2.7. Drenaje.....	98
5.2.8. Confiabilidad.....	100
5.2.9. Diseño del Pavimento.....	102
5.2.10. Determinación del tránsito equivalente.....	104

5.2.11. Cálculo del tránsito equivalente acumulado.....	108
5.3. Base y Subbase.....	113

Conclusión.

Bibliografía.

Anexos.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

Durante muchas décadas los caminos y vías han sido primordiales para el transporte así como para el traslado tanto de personas como de materiales, alimentos, productos diversos, entre otros. Por esta razón se toma en cuenta el estudio y análisis de los caminos como importante en la actualidad.

Gracias a la urbanización y al correcto manejo e implementación de las tecnologías, la rama de la construcción de vías terrestres ha ido avanzando gradual y considerablemente en los últimos años. Se cree que los caminos existen desde la invención de la rueda hace siglos, ya que con su invención, vinieron los primeros medios de transporte.

Mucho tiempo después, pasando por civilizaciones que atribuyeron mejoras a este eficiente sistema de transporte, tales como los egipcios, los mesopotámicos, los romanos, los chinos, etc., el avance de los caminos fue siendo notorio y de gran importancia para cada cultura en particular.

En la actualidad las vías terrestres son estructuras muy importantes para la sociedad, a tal grado que hasta los caminos más pequeños necesitan estudios de análisis y diseño para su ejecución y óptimas condiciones de servicio.

Por tal manera se considera a los caminos o vías terrestres, según la página de internet www.rae.es (2015), como una estructura construida con la función de transitar sobre ella, de la misma forma el concreto será un elemento indispensable en la investigación a presentarse, por tanto, y de acuerdo con Plazola (1996), el

concreto es un material de construcción elaborado con una mezcla de mortero y partículas sólidas.

Con estas bases, incluyendo algunas investigaciones previas realizadas sobre temas similares del que se analizará, se complementa y reafirma el conocimiento, experimentos e investigaciones de anteriores trabajos y proyectos hechos por otros investigadores.

Como por ejemplo la tesis elaborada por el ingeniero Joaquín Galván Sierra (2012), titulada “Propuesta de pavimento rígido para las vialidades el fraccionamiento campestre Zumplimito 2da etapa en la ciudad de Uruapan, Michoacán” cuyo objetivo fue diseñar la estructura del pavimento rígido para la zona mencionada basado en los principales métodos de diseño, que a su vez, llegó a la conclusión de construir una losa de concreto hidráulico con un espesor de 15 cm, realizada con un concreto hidráulico de módulo de ruptura no menor a 32 kg/cm^2 y definiendo los parámetros tanto de agregados como de sub-base en general.

De igual manera la investigación realizada por José Luis Mendoza Morales (2012), titulada “Revisión del proceso constructivo del camino de acceso a la zona oriente y a la clínica del IMSS número 81 de la ciudad de Uruapan, Michoacán” la cual tiene como objetivo revisar si el proceso constructivo, empleado en la pavimentación del camino de acceso a la zona previamente dicha, fue el adecuado. La misma, llegó a la conclusión de que el proceso no fue el adecuado debido a inconvenientes sobre todo en los tiempos de ejecución de obra.

Con estos y varios otros proyectos de investigación realizados previamente se toman modelos a seguir de acuerdo con dichos estudios previos que favorezcan a la presente investigación.

Planteamiento del Problema.

En la ciudad de Uruapan Michoacán existe una amplia población que crece considerablemente con el paso de los años. En las últimas décadas la sociedad se ha visto en la necesidad de hacer crecer la ciudad y por consiguiente transportarse dentro de ella.

Anteriormente se contaba con la idea de construir las calles de la ciudad con pavimentos flexibles, es decir una mezcla constituida por agregados pétreos y asfalto resultado final de la destilación del petróleo, mas este tipo de caminos presentan daños al paso del tiempo debido al mal mantenimiento que se le da a dicha estructura.

Por tanto, en tiempos más recientes, se ha optado por construir caminos rígidos, es decir de concreto. Este material tiene la ventaja que soporta grandes cargas así como de no necesitar mantenimiento constante, lo cual lo convierte en una opción favorable así como económica y duradera a largo plazo.

En la localidad, específicamente en la calle Atenas ubicada en la colonia “La Joyita”, esta se encuentra en un pésimo estado para sus condiciones de servicio. Dicha calle, elaborada con asfalto, presenta una problemática para la zona ya

mencionada tanto para los vehículos así como para las personas que transitan por ella.

Por tanto, la presente investigación buscará una propuesta para mejorar la calle Atenas mediante el uso del pavimento hidráulico de concreto y con ella, una solución a dicha problemática.

Objetivo.

Objetivo General.

Proponer un re-encarpetamiento de pavimento rígido o concreto para la calle Atenas de la ciudad de Uruapan Mich. Contemplando el proceso constructivo que se llevará a cabo, así como los materiales que incluya el proyecto.

Objetivos Particulares.

- 1) Definir camino o vía terrestre,
- 2) Mencionar los tipos de caminos que se presentan en la actualidad.
- 3) Calcular el espesor del pavimento para la propuesta antes mencionada.
- 4) Mencionar la definición de concreto.
- 5) Definir el concepto de cemento Portland.
- 6) Mencionar las especificaciones del concreto que se utilizará para el proyecto de la calle.

Pregunta de investigación.

Para la presente investigación enfocada a resolver la problemática que presenta la calle Atenas de la localidad se realizarán tanto estudios como cálculos que conduzcan a la solución del problema ya mencionado, claro está que para cada tipo de problema existen diversas soluciones y procedimientos que se pueden llevar a cabo para llegar a una solución óptima o aceptable, así que ¿Cuál sería una propuesta de re-encarpetamiento para la calle de Atenas?, de igual forma, y dentro del proyecto a realizar ¿Por qué optar por un pavimento rígido?, ¿Cuál deberá ser la capacidad que el concreto resista?, ¿Qué dosificación debe llevar el concreto a utilizar?. Todas las dudas mencionadas deberán cumplirse durante o al cierre de la investigación.

Justificación.

La presente investigación es relevante en diversos aspectos, ya que no solo profundiza en temas ya estudiados con anterioridad si no que aporta beneficios a terceros directa o indirectamente según sea el caso.

Primeramente, y debido a su ubicación, la calle está ubicada en una zona popular de la ciudad, ya que las personas que viven cerca o en dicha calle se verán afectadas de manera positiva con un proyecto mejor para la estructura mencionada.

Por otra parte la empresa Pepsi tiene su fábrica y distribuidora situada en la calle por analizar, la cual tendría otro acceso en buenas condiciones si se realizara dicho proyecto.

Así mismo, la escuela primaria y secundaria Instituto Monarca contaría con una vialidad más eficiente para su alumnado y docencia ya que debido a la mala condición de la calle, no es muy transitada para lo cual se prefieren otras alternativas en cuanto a vialidad.

De igual forma, las personas que caminan por las banquetas de la calle Atenas presentan complicaciones en algunos tramos, para lo cual la presente investigación solucionaría el problema descrito.

Por último tanto el investigador como la comunidad estudiantil de la universidad Don Vasco se verán enriquecidos con la presente investigación ya que servirá para resolver las dudas o incógnitas de la investigación en proceso.

Marco de Referencia.

La localidad de Uruapan se encuentra ubicada en la zona centro del estado de Michoacán, colindada por los municipios de san Juan Nuevo, Ziracuaretiro y Tarétan a su alrededor.

Uruapan es la segunda ciudad más importante y poblada del estado de Michoacán seguida de su capital Morelia. Debido a esto, la localidad cuenta con los servicios necesarios para albergar a una población cercana a los 264 mil habitantes.

En la ciudad, sus habitantes, generalmente, se dedican al comercio, aunque algún sector de menor tamaño se dedica a la industria y al tratado y manejo de cultivos provenientes de zonas cercanas, tales como el aguacate, la zarzamora, el café, etc.

Al ser una comunidad en desarrollo cuenta con los servicios necesarios, tales como agua potable, alcantarillado, luz eléctrica, calles pavimentadas, clínicas y hospitales, seguridad pública, escuelas tanto privadas como particulares, entre otras.

En lo que respecta a la vialidad dentro de los límites de la ciudad, ubicada al centro-sur de la localidad, se encuentra la colonia “La Joyita” que alberga la calle Atenas, la cual será la base de la presente investigación.

Dicha calle se encuentra ubicada entre el paseo Lázaro Cárdenas y la calle Cuba, así como de la calle Niza y Estocolmo, todas estas ubicadas en la colonia previamente mencionada.

CAPÍTULO 1

VÍAS TERRESTRES

En el presente capítulo se abordarán los temas relacionados a las vías terrestres o, comúnmente llamados, caminos. Así mismo, se hará referencia a los tipos de caminos que existen, los tipos de caminos de acuerdo a sus materiales empleados en la elaboración de los mismos, así como algunos parámetros esenciales de los caminos, tales como el tránsito, la velocidad y la señalización de los mismos.

1.1. Definición de vía terrestre.

A lo largo de la historia, la sociedad ha tenido muy claro que el concepto de camino o vía terrestre es de suma importancia, a tal grado que muchas personas han dado aportaciones a dichos estudios e investigaciones que conllevan a conceptos similares más cada uno con particularidades de acuerdo al autor y a su época.

Primeramente se conoce como vía terrestre a “la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido acondicionada”. (Crespo, 1996; 1)

Por otra parte, se entiende como pavimento al “conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las

transmiten a las capas inferiores, distribuyéndolas con uniformidad” (Olivera, 2009; 6), refiriéndose al pavimento como sinónimo de una vía terrestre.

Por lo tanto, se puede definir una vía terrestre como el conjunto de materiales, que formando capas, resisten las cargas que se transmiten por medio del tránsito y que son capaces de resistir lo suficiente para lo cual han sido diseñadas.

1.2. Clasificación de caminos.

Dentro del estudio de las vías terrestres, fue necesario obtener una clasificación para su adecuado manejo en diversas circunstancias, para lo cual se han definido varias clasificaciones de acuerdo a su transitabilidad, administración y una clasificación técnica que se maneja normalmente, todas presentadas a continuación.

1.2.1. Clasificación por transitabilidad

De acuerdo con Crespo (1996), la clasificación de acuerdo al tránsito que presente el camino puede ser de tres tipos: terracerías, revestida o pavimentada.

Refiriéndose a las terracerías, se encuentra que éstas son las vías o caminos donde se ha construido la sección del proyecto hasta el nivel de la subrasante y que pueda ser transitable. En cuanto al camino revestido, es aquel que cuenta con una o varias capas de material granular. Por último el pavimentado que, como su nombre lo indica, es aquel que sobre la subrasante posee una capa de pavimento terminada.

1.2.2. Clasificación administrativa.

En cuanto al aspecto administrativo y de proporción de recursos, se aprecian cuatro tipos de caminos que, según el autor antes mencionado, son los siguientes:

- a) Los caminos federales, los cuales son costeados únicamente por parte de la federación y por lo tanto se encuentran bajo su cargo.
- b) Los caminos estatales, los cuales son pagados con una contribución de recursos por parte del gobierno del estado en un 50% y de la federación en la parte restante.
- c) Los vecinales o rurales, que son pagados por tres partes iguales en cuanto al costo del camino, una por los vecinos o personas beneficiadas por tal obra, otra parte por el gobierno del estado y la última por el gobierno federal.
- d) Por último, se encuentran los caminos de cuota, siendo estas concesionadas a particulares o a la iniciativa privada por un tiempo determinado, siendo una inversión recuperable a través de cuotas en un lapso de tiempo determinado.

1.2.3. Clasificación técnica oficial.

Esta clasificación, siendo de las más importantes, y en referencia con Crespo (1996), permite distinguir de manera precisa la categoría física de los caminos, ya que involucra los volúmenes de tránsito que actuarán sobre el mismo así como las

especificaciones geométricas del camino. Para esto, el autor ha manejado cuatro tipos de camino de acuerdo con esta clasificación, los cuales son:

Tipo Especial: Para un tránsito promedio diario anual superior a 3000 vehículos equivalente a un tránsito horario máximo anual de 360 vehículos o más.

Tipo A: Para un tránsito promedio diario anual de 1500 a 3000 vehículos equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos.

Tipo B: Para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1500 vehículos equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.

Tipo C: Para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos equivalente a un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos.

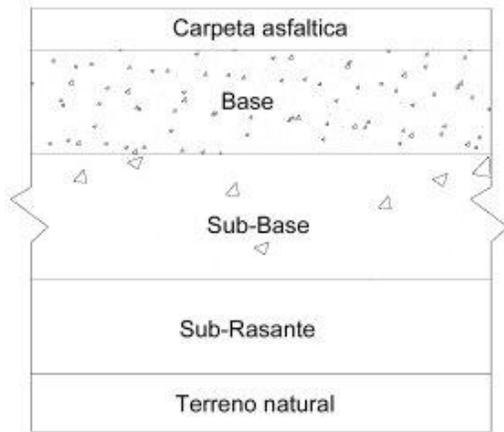
1.3. Capas del pavimento.

De acuerdo con Salazar (1998), todas las estructuras se encuentran sentadas o construidas sobre un estrato del suelo. Dentro del estudio de los caminos, es importante mencionar los diversos conceptos que se puedan llegar a presentar y que son necesarios a lo largo de la presente investigación que, y de acuerdo con el autor, son los siguientes:

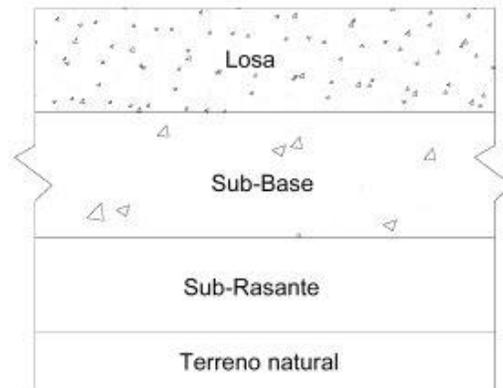
- a) Capa Subrasante: es el terreno de cimentación del pavimento. Éste puede ser el suelo natural, un suelo cortado o compactado debidamente o se puede tratar de un suelo mejorado debido a que las condiciones previas del mismo no eran las óptimas. Es cualquiera de

los casos el material deberá cumplir con las normas de calidad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

- b) Capa Sub-base: Esta capa se encuentra constituida por materiales pétreos, de buena graduación, elaborada sobre la subrasante. Esta capa se construye principalmente para reducir el espesor de la capa base, en el caso de los pavimentos flexibles. En cuanto a los pavimentos rígidos, ésta se coloca cuando las especificaciones del pavimento son más exigentes.
- c) Base: Constituye la capa intermedia entre la superficie de rodamiento de un camino y la sub-base. La capa base está compuesta de materiales pétreos de buena distribución granulométrica y generalmente se usa para reducir la capa de la carpeta. Esta capa es de gran importancia ya que además cumple con la función de drenante el agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento.
- d) Carpeta: Es la superficie de rodamiento constituida por materiales endurecidos para transferir las cargas y los esfuerzos hacia las capas inferiores de manera adecuada. La carpeta usualmente es construida con concreto asfáltico o hidráulico, en sus diferentes variantes. Constituye el área por donde circulan los vehículos y los peatones.



Sección de Pavimentos Flexibles



Sección de Pavimentos Rígidos

Imagen 1.1. Capas de los pavimentos rígidos y flexibles.

Fuente: www.pasionporvolar.com (2012)

Para aspectos de estudio las capas más importantes y las que deben tener un adecuado manejo son la base y la sub-base. Estas capas tienen características similares, tales como el recibir y resistir las cargas del tránsito, transmitir estas cargas adecuadamente a la terracería, impedir que la humedad ascienda por capilaridad, entre otras, según lo dicho por Olivera (2009).

1.4. Pavimentación.

“Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales apropiados comprendida(s) entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son la de proporcionar una

superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiadas resistente a la acción del tránsito”. (Rico, 1977; 99)

Tomando como referencia la definición del autor mencionado se puede simplificar tal concepto a referirse que un pavimento es el conjunto de capas colocadas sobre el suelo, o subrasante, de tal forma que cumplan la función para las cuales son diseñadas y logren resistir las cargas y esfuerzos del tránsito.

De acuerdo con Merrit, Kent y Ricketts (2008), existe una gran diferencia entre los pavimentos rígidos y los flexibles, entre las cuales mencionan que bajo cargas, los pavimentos rígidos actúan como vigas que se pueden tender a través de terrenos irregulares, mientras que el flexible permanece en contacto completo con la capa en la cual es montado. Por otra parte, el pavimento rígido se diseña de manera que se deforme como una viga y que regrese a su estado original mientras que el pavimento flexible tiene la capacidad de deformarse más con grandes presiones puede recuperar por completo su composición o no hacerlo por completo.

Para su estudio y análisis, los pavimentos se dividen en dos tipos, los flexibles y los rígidos, para los cuales se requieren distintos materiales, procesos cálculos, etc., más la principal diferencia, y la que se considerará primordial para este trabajo, será que el pavimento flexible es aquel construido con asfalto u otro tipo de materiales dúctiles mientras que el rígido se encuentra construido con concreto, ambos mencionado con más detalle a continuación.

1.4.1. Pavimentos flexibles.

El pavimento flexible, según Rico (1997), es considerado todo aquel pavimento que no está construido por concreto hidráulico. Haciendo referencia con lo antes mencionado, el pavimento flexible es aquel construido con diversas capas de material, tales como la mezcla asfáltica, el adoquín, entre otros.

Principalmente los caminos o vías flexibles están compuestas de asfalto, éste es un material importante e indispensable para la construcción de este tipo de caminos por lo cual debe tener un adecuado manejo tanto a la hora de ser procesado como en el momento de su aplicación a los caminos.

Retomando lo antes mencionado, es importante definir lo que es un asfalto, partiendo de la teoría dictada por Crespo (1996), el asfalto se extrae directamente de la refinación del petróleo. Este material al ser procesado se encuentra en diversas fases, unas tan sólidas y quebradizas hasta las más simples y líquidas semejantes al agua, de entre las cuales se obtiene lo que se conoce como cemento asfáltico combinando asfalto duro con ciertos aceites no volátiles producto de la destilación del petróleo.

Haciendo referencia a lo dicho por Olivera (2009), el cemento asfáltico es el último residuo de la destilación del petróleo que a temperaturas normales es sólido y de color café oscuro. Para poder lograr mezclarse con los materiales pétreos, se debe calentar a 140°C, por lo que es necesaria una planta para asfaltos que cumpla con dicha especificación.

Para la construcción de un camino considerado como pavimentación flexible, es necesario mezclar diversos materiales en proporciones adecuadas para su óptimo funcionamiento, por lo que el asfalto es sólo un elemento de lo que se denominará mezcla asfáltica, constituida por el material pétreo mencionado incluyendo agregados producto de la trituración de la roca, más comúnmente conocidos como materiales gruesos, los cuales engloban los materiales granulares (grabas) y las arenas.

1.4.1.1. Tipos de carpetas asfálticas.

Partiendo de lo antes dicho por Olivera (2009), se le puede denominar carpeta asfáltica al conjunto de capas de material mezclados entre concreto asfáltico, materiales pétreos producto de trituración y algún tipo de emulsiones asfálticas, estas últimas referidas a mezclas de cemento asfáltico suspendidas en agua, combinadas por medio de un emulsificante y un estabilizador, y útiles al momento de que se efectúa el fraguado de la mezcla asfáltica, ya que ésta puede acelerar o retardar el proceso.

Con lo antes mencionado y siguiendo de cerca al autor, existen tres tipos de carpetas asfálticas, las cuales son las más utilizadas en el país, así como son diversas en cuanto al proceso y análisis de las mismas, las cuales se mencionarán a continuación.

1.4.1.1.1. Carpetas por el sistema de riego.

De acuerdo con lo antes mencionado por Olivera (2009), las carpetas por riego consisten en una serie de capas de productos asfálticos y pétreos, acomodadas sucesivamente sobre la base impregnada, de manera que cumplan la función para las cuales fueron diseñadas.

El proceso de construcción de una carpeta de riego es simple, más debe tener sus consideraciones y cuidados en todo momento ya que su proceso básicamente es el de compactar capas de producto asfáltico cubiertas de material pétreo grueso y compactadas con un rodillo liso. Se repite este proceso pero esta vez con material un poco menos grueso que el usado anteriormente. Por último, se le aplica una capa de un material más fino que de igual manera se acomoda con un rodillo liso. Se deja fraguar la estructura, es decir, se espera a que se evaporen los solventes utilizados y que la estructura tome rigidez.

Cabe mencionar que los agregados pétreos que se utilizan en las diversas capas del proceso se clasifican en 3 tipos de acuerdo a su granulometría que regularmente es uniforme o constante: el material 1 es el más grueso, con una gama de tamaños que varía entre 25.4mm (1 pulg) a 6.35mm (1/4 pulg); el material 2 que es el tamaño intermedio, oscila entre 12.7mm (1/2 pulg) y 2.38mm (núm. 8); y por último el material 3, el más fino, cuyos tamaños tienen una granulometría de 9.51mm (3/8 pulg) a 0.42mm (núm. 40) generalmente.

Por tanto, este tipo de carpetas se encuentra conformada de diversos tipos de materiales pétreos en conjunto con cemento asfáltico, por lo cual se deben

contemplar manejos adecuados tanto en la selección del material granular así como en el proceso de aplicación de los materiales.

1.4.1.1.2. Carpetas asfálticas de mezclas en el lugar.

Partiendo de lo dicho por Olivera (2009), para elaborar la mezcla asfáltica en el lugar, también llamada mezcla en frío, se usan materiales pétreos de granulometría continua, mezclado a temperatura ambiente, combinado con rebajado asfáltico o emulsión de fraguado medio, así mismo la mezcla se puede efectuar con motoconformadoras o mezcladoras semifijas.

Dicho proceso requiere de un adecuado manejo de los materiales a utilizar así como de una correcta ejecución en cada uno de sus pasos a seguir para su elaboración, los cuales se mencionan a continuación:

- a) Elección de bancos: Con este fin se explora la zona donde la obra será ejecutada, se estudias y analizan la variedad de materiales, rocas, arenas, depósitos, entre otros, que serán requeridos para la construcción y para los cuales deberá existir un acceso óptimo y adecuado.
- b) Ataque a los bancos: Si se trata de rocas o materiales conglomerados la extracción deberá ser con explosivos o con maquinaria especial, de lo contrario se usara equipo mecánico y, en su caso, manual.
- c) Tratamientos previos: Aquí se engloban el cribado y el tritura miento de los materiales según sea el caso.

- d) Transporte a la obra: después de Aplicarse los tratamientos previos necesarios, el material debe ser llevado a la obra donde es acamellonado para ser medido y así poder determinar si es necesario acarrear más material o que sobre y deba ser retirado.
- e) Una vez realizados los pasos previos, se extiende el material pétreo con la motoconformadora y, sobre el mismo, se coloca una capa de asfalto por medio de una petrolizadora. Dicho procedimiento se repite hasta que la carpeta homogénea se encuentre con el espesor deseado.
- f) Lográndose lo anterior, se extiende sobre la carpeta una capa de rebajado asfáltico llamado riego de liga.
- g) Ya extendido la mezcla, se compacta con rodillos neumáticos hasta lograr una compactación de un 95% calculado mediante la prueba Porter, posteriormente se borran las marcas de los neumáticos con un rodillo liso.

En resumen, la carpeta asfáltica de mezclas en el lugar o en frío, es una serie de capas conformadas por una mezcla de materiales pétreos y mezcla asfáltica, la cual es acomodada y compactada hasta obtener los espesores deseados.

1.4.1.1.3. Carpetas de concreto asfáltico.

Olivera (2009) menciona que la carpeta de concreto asfáltico son mezclas de materiales pétreos y cemento asfáltico recubierto. Éste último es necesario calentarlo a altas temperaturas, ya que a temperatura ambiente se encuentra sólido, debe

calentarse a 140 °C que a su vez, el material pétreo se calienta a 160°C para su manejo adecuado.

El procedimiento para la elaboración de una carpeta de concreto asfáltico es relativamente similar al de la construcción de una carpeta asfáltica en el lugar, ya que los procesos de selección de bancos de materiales, ataque a los mismos, extracción de material y compactación son similares, cada uno adecuado a las situaciones y materiales que se presenten.

Sin embargo y en referencia con lo antes dicho por Olivera (2009), los pavimentos de concreto asfáltico el proceso de mezclado del material se lleva a cabo en plantas mecánicas, las cuales almacenan el material al mismo tiempo que lo mezclan a altas temperaturas para así ser llevada al tramo donde se realizara la obra. Es muy importante que esta mezcla se mantenga a no menos de los 90°C al momento de su compactación ya que podría afectar las capacidades del concreto asfáltico y llevar a la estructura a una falla no deseada.

De esta forma se obtiene que cada una de las carpetas mencionadas tiene su papel y desempeño dependiendo de ciertos factores, los cuales determinan el procedimiento del pavimento flexible a seguir y el cual deberá ser de suma importancia en los cuidados y procesos que este conlleve.

1.4.2. Pavimentos rígidos

Los pavimentos rígidos difieren de los flexibles en cuestiones tanto físicas como mecánicas dentro de las cuales, de acuerdo con Crespo (1996), se encuentra

que poseen una resistencia considerable a la flexión, así como que son afectados grandemente por los cambios de temperatura.

“Un pavimento rígido consta de una losa de concreto de cemento portland que se apoya sobre una capa sub-base” (Frederick, Kent, Ricketts, 2008; 16.47), esto se entiende como que el pavimento rígido es aquel que está construido básicamente con concreto hidráulico en la parte superior de sus capas. Por otra parte, y haciendo referencia a lo dicho por Olivera (1996), los pavimentos rígidos están formados por una losa de concreto hidráulico y la sub-base que sirve de apoyo y se construye sobre la capa subrasante.

El pavimento rígido posee la cualidad de no requerir mantenimiento continuo, a pesar de que su inversión inicial es mayor a la de un pavimento flexible o de asfalto, éste presenta ventajas a lo largo de su vida útil, la cual fluctúa de los 20 a los 40 años aproximadamente.

Dicho pavimento, según Crespo (1996), se encuentra bajo esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos, esfuerzos de compresión y tensión provocados por las ruedas, esfuerzos de compresión y tensión ocasionados por la contracción y dilatación del concreto mismo así como provocados por la combadura o deformación del pavimento por cambios de temperatura, todos estos soportados por el camino gracias a su cuidadoso diseño y ejecución.

Para que un pavimento rígido pueda cumplir satisfactoriamente sus propósitos para los cuales ha sido diseñado, éste debe de contar con una proyección basada en diversos factores, tales como son el volumen, tipo y peso del tránsito proyectado en

presente y futuro, el valor relativo de soporte y características de la subrasante, el clima de la región y la resistencia y calidad del concreto a emplear en obra.

Gracias a estas características, es necesario tener unos claros y concisos estudios previos, tales como la mecánica del suelo, estudios hidrológicos, censos de tránsito vehicular, estudios de laboratorio de materiales, entre otros, para asegurar la correcta ejecución de la obra.

1.4.2.1. Proceso de construcción de pavimentos rígidos.

Para la construcción de una losa de concreto o pavimento rígido, se emplea una serie de pasos que deben ser completados secuencialmente de la manera adecuada, ya que de lo contrario el camino podría no llegar a cumplir ciertas características previamente mencionadas. Los pasos para construir este tipo de pavimentación, siguiendo de cerca a Olivera (2009), son los siguientes:

- a) Primeramente se eligen los bancos de material de acuerdo a estudios de materiales previos junto con estudios económicos de los bancos para de esta forma tomar una decisión de cual se usara para la extracción de material para la obra a ejecutar.
- b) Se elige el tipo y la marca de cemento Portland, así como las proporciones de cemento, agua, arena y gravas que poseerá la mezcla, así como la cantidad y el tipo de aditivos que puede o no contener.
- c) Se extrae el material a utilizar, ya sea arena, grava o rocas, se utilizará maquinaria o equipo especializado para cada tipo de material que se presente.

- d) Se realizan los tratamientos previos necesarios, como cribado, triturado y lavado.
- e) Se acarrean los materiales al lugar de mezclado, éste puede ser al pie de la obra si se cuenta con mezcladoras de uno a tres sacos, o plantas de mezclado.
- f) Se mezclan los materiales, sin embargo antes se hacen las correcciones necesarias, tales como verificar la humedad del material pétreo, la calibración de las bandas o aberturas de las compuertas, dosificación de materiales de acuerdo a las capacidades de la revolvedora ya sea por peso, por volumen, por gasto, etc.
- g) La sub-base compactada se humedece para que no absorba el agua del concreto fresco, el cual se vacía sobre ésta capa en el encofrado o moldes, los cuales se colocan antes y se fijan de tal manera que resistan el empuje creado por el concreto. Si se requiere utilizar acero de refuerzo se coloca, de igual manera, previamente de acuerdo a como lo indiquen los cálculos. El encofrado, antes mencionado, consiste en una cimbra lateral, de madera o acero, con una altura igual a la del espesor del proyecto que contiene el concreto y forma la junta adyacente del pavimento.
- h) El concreto vaciado en el encofrado se acomoda o se compacta por medio de vibradores de inmersión para darle la densidad adecuada, posteriormente se enrasa por medio de un vibrador superficial con el que se le da el espesor deseado.
- i) Se le da a la superficie el acabado necesario para tener un coeficiente de rugosidad adecuado por medio de cepillos, escobas o telas fibrosas. De ser

posible se utilizan maquinas acanaladoras que realizan el trabajo muy fino y preciso así como aumentan la fricción entre la superficie del pavimento y las llantas de los vehículos como también evitan el acuaplaneo, el cual es la captura de agua dentro de los pequeños canales del camino.

- j) Se elaboran las juntas transversales de contracción. Las cuales se forman con una cortadora de sierra en los lugares señalados. Estas ranuras sirven para debilitar el concreto y obligarlo a que se agriete como se desea al momento de una sobrecarga o falla. El aserrado o ranurado se realiza entre 24 y 36 horas después del colado, de tal manera que no se provoquen desprendimientos de concreto a los lados de la sierra al elaborarse la muesca.

Por último, es rescatable mencionar que las obras no se abren al tránsito hasta que el concreto alcanza su resistencia adecuada de proyecto. De acuerdo con lo previamente mencionado se observa que el proceso para la construcción de una pavimentación rígida es muy similar al previamente mencionado para los pavimentos flexibles, con las diferencias y las adecuaciones para el concreto hidráulico.

1.5. Tránsito.

El tránsito como definición, y de acuerdo con Vargas (2012), se refiere al sitio por donde se pasa de un lugar a otro por los medios de transporte necesarios para cumplir dicho fin, es decir, el termino importante para la presente investigación se refiere a ir de un lugar a otro por vías, calles o parajes públicos.

Es importante conocer las características del tránsito del camino que se pretende analizar, tanto que es vital para el proyecto de la vía y se convierte en un elemento principal que debe ser tomado en cuenta, pues el transporte es el motivo de la obra a ejecutar. De esta manera se debe considerar los diferentes tipos de vehículos que pasan sobre la vía terrestre, ya que cada uno en particular actúa de manera distinta en el camino en cuanto a su peso o su carga que transmite al mismo.

Existen algunas características del tránsito que deben ser tomadas en cuenta al momento de realizar estudios o aforos de tránsito que son importantes al momento de los proyectos de los pavimentos, tales como:

- a) Tránsito diario promedio anual (TDPA): se le denomina al número de vehículos total que pasan sobre una carretera en ambos sentidos durante un año, dividido entre 365 días. Para realizar este tipo de aforos se pueden realizar de manera operaria o de forma mecánica con dispositivos aforadores o contadores mecánicos.
- b) Tránsito en el carril de diseño: Se denomina al porcentaje de vehículos que usan el carril en donde se carga más el movimiento obtenido de un porcentaje del TDPA.
- c) Composición del tránsito por tipos de vehículos: Es importante conocer el tipo de vehículos que pasarán por la calle a diseñar ya que estos, con sus diferentes características, proporcionan un peso considerable a la estructura que se transmite a través de las llantas de los mismos, por esta razón los vehículos se clasifican en tres tipos principalmente; los tipo A, que son todos los automóviles y camionetas con un peso menor a 3 ton, los tipo B que son

todos los autobuses y los tipo C que son los camiones de carga que oscilan entre los 3 y 60 ton de peso.

- d) Peso de los vehículos, cargados y vacíos: es necesario conocer los cambios de peso que presentan los vehículos, sobre todo de carga, al momento de estar llenos o de, en su caso, estar vacíos.
- e) Número y posición de ejes y llantas: Este aspecto es importante ya que el número de llantas de un vehículo genera más superficie de contacto hacia el suelo, lo cual hace que el peso se transmita de manera más uniforme sobre el pavimento.
- f) Incremento anual de tránsito: Es importante conocer el aumento de vehículos anual ya que presenta mayor concentración de tráfico en las calles y caminos lo cual ocasiona una carga mayor que debe ser considerada para el diseño del proyecto.
- g) Número de vehículos o de ejes que transitarán por el camino durante su vida útil: con los estudios previos se hace una proyección de diseño con el tránsito, gracias a mediciones o aforos vehiculares que son necesarios para la obra en sí.

Tras considerar los aspectos mencionados para el estudio de los caminos, es importante realizar los estudios necesarios para obtener los resultados o aforos de la manera más certera posible y así brindar estudios confiables sobre el tránsito que se desea analizar.

1.6. Señalización.

Es indispensable el uso de señalamientos para el adecuado funcionamiento de las vías terrestres, ya que brindan seguridad e información a quien transita por la misma. Las señales de caminos se clasifican principalmente en tres tipos, los cuales son las mencionadas a continuación.

1.6.1. Señales preventivas

Las señales preventivas, identificadas con las siglas SP, tienen como objetivo dar al conductor un aviso anticipado para prevenirlo de la existencia de algún peligro potencial ya sea sobre o a un lado de la carretera o camino. La señal por si misma debe provocar que el usuario adopte medidas de precaución, y llamar su atención hacia una reducción de su velocidad o a efectuar una maniobra con el interés de su propia seguridad o la del otro vehículo o peatón.

Las señales preventivas tienen forma cuadrada con una diagonal en posición vertical. Su fondo es amarillo con letras y ribete de color negro. El largo del cuadrado es de 60 cm como mínimo, pudiéndose emplear dimensiones mayores como de 75 cm y 90 cm, únicamente siendo permitidas dimensiones menores en zonas urbanas.

Según Cal (1994), las características que pueden justificar el uso de señales preventivas, son las siguientes:

- Cambios en el alineamiento horizontal y vertical por la presencia de curvas.

- Presencia de intersecciones con carreteras o calles, y pasos a nivel con vías de ferrocarril.
- Reducción o aumento en el número de carriles y cambios de anchura en el pavimento.
- Pendientes peligrosas.
- Proximidad de un cruce donde existe semáforo o donde se debe de hacer un alto.
- Pasos peatonales y cruces escolares.
- Condiciones deficientes en la superficie en la superficie de la carretera o calle, como presencia de huecos o protuberancias.
- Presencia de derrumbes, grava suelta, etc.
- Aviso anticipado de dispositivos de control por obras de construcción.

Las señales preventivas deben colocarse al lado derecho de la carretera, correspondiente a la dirección de la circulación y frente a ella, y deben ser colocadas a una distancia al borde de la carretera de 1.50 m a un máximo de 2.40 m. algunos ejemplos mostrados a continuación.



Imagen 1.2. Señales preventivas.

Fuente: Cal, 1994; 130.

1.6.2. Señales restrictivas.

Las señales restrictivas, identificadas con el código SR, tienen como función expresar en la carretera o calle alguna fase del reglamento de tránsito, para su cumplimiento por parte del usuario. En general, tienden a restringir algún movimiento del mismo, recordándole la existencia de alguna prohibición o limitación reglamentada. Infringir las indicaciones de una señal restrictiva conlleva a sanciones previstas por las autoridades de tránsito.

Las señales restrictivas, de acuerdo a su uso se clasifican en los siguientes grupos:

- De derecho de paso o de vía.
- De inspección.
- De velocidad máxima o mínima.
- De movimientos o circulación.
- De mandato por restricciones y prohibiciones.
- De estacionamiento.

La altura de estas señales no excederá de 2.20 m ni será inferior a los 0.60 m. las dimensiones normales de la placa rectangular serán de 70 cm de alto por 42.5 cm de ancho para las señales en zonas rurales, y de 50 cm de alto por 30 cm de ancho para zonas edificadas.



Imagen 1.3. Señales Restrictivas

Fuente: Cal, 1994; 126.

1.6.3. Señales informativas.

Las señales informativas, identificadas con el código SI, tienen como función guiar al usuario a lo largo de su itinerario por las calles y carreteras e informarle sobre nombres y ubicaciones de poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar. Este tipo de señales se clasifican de acuerdo a la información que den en los siguientes tipos:

- a) De identificación (SII): Tienen como función identificar las calles según su nombre y nomenclatura, y las carreteras según su número de ruta y/o kilometraje.
- b) De destino (SID): El objetivo de estos es informar a los usuarios sobre el nombre y ubicación de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo del recorrido. De acuerdo con su ubicación longitudinal, estas señales pueden ser de tres tipos, las señales previas, las cuales son colocadas con anticipación a las intersecciones, las decisivas, donde el usuario puede optar por la ruta que le convenga, y las confirmativas, que se colocan después de las intersecciones o a la salida de una población a una distancia donde no exista el efecto de los movimientos direccionales ni la influencia del tránsito urbano.
- c) De recomendación (SIR): tienen como función principal el recordar a los usuarios determinadas recomendaciones o disposiciones de seguridad que conviene observar durante su recorrido por calles y carreteras.
- d) De información General (SIG): tiene como objetivo proporcionar a los usuarios, información general de carácter poblacional y geográfico, así

como indicar nombres de obras importantes en la carretera, límites políticos, ubicación de casetas de cobro, puntos de inspección y sentidos de circulación de tránsito.

- e) De servicios y Turísticas (SIS y SIT): este tipo de señales tiene como función informar a los usuarios la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico y/o recreativo.

Considerando los tipos de señalamientos previamente mencionados, es importante hacer notar la diferencia entre las señales, ya que cada una presenta características particulares que deben ser tomadas en cuenta para su estudio y correcto funcionamiento de las mismas.

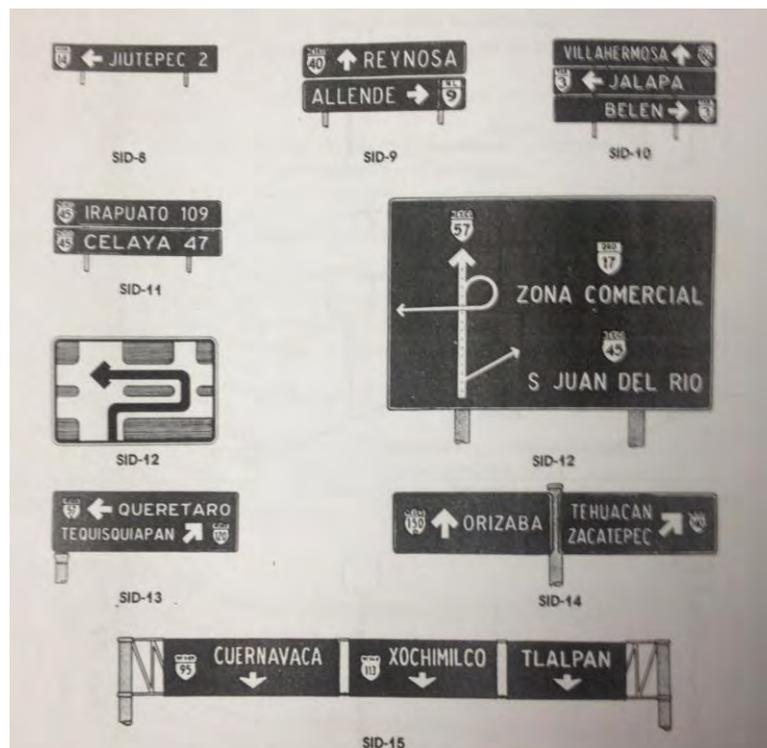


Imagen 1.4. Señales Informativas

Fuente: Cal, 1994; 131.

En conclusión, y con lo visto previamente en el presente capítulo, se observa la importancia e impacto que tienen las vías terrestres en el ámbito de estudio de la investigación a concluir, así mismo se logran abordar los temas esenciales para la comprensión del tema de vías terrestres, manejando una pequeña parte y englobando tanto temas simples como aspectos un poco más complejos.

CAPÍTULO 2

CONCRETO

En el presente capítulo se describirán las características del concreto y su definición, los tipos que existen, las resistencias y dosificaciones que presenta. Así mismo se mencionará brevemente el concreto reforzado y las características de los materiales que integran el concreto.

2.1. Definición de concreto.

De acuerdo con la página Wikipedia.org (2015), el concreto es un material compuesto empleado en construcción, formado principalmente de un aglomerante al que se le añade partículas o fragmentos de un agregado pétreo, agua y aditivos específicos. Refiriéndose al agregado, se trata de cemento, generalmente cemento Portland, mezclado con una proporción adecuada de agua para producir una reacción hidratada.

Por otra parte se encuentra que, “el concreto es un material artificial, obtenido de la mezcla en proporciones determinadas, de cemento, agregados pétreos, agua y/o aditivos. El cemento, el agua y algunas veces el aire atrapado forman una pasta que rodea a los agregados, constituyendo un material heterogéneo”. (Ortiz, 1986; 4)

Por tanto, se entiende por concreto a la mezcla de aglomerante, constituido por cemento, agua, agregados pétreos y, en ocasiones, aditivos para complementar las características de dicha mezcla. Así mismo se puede referir al concreto como

hormigón, tratándose de términos y conceptos similares. En caso de que la mezcla está conformada únicamente de cemento con arena y agua se conoce con el nombre de mortero.

El cemento Portland es denominado así debido originalmente a la semejanza de color y calidad entre el cemento fraguado y la caliza obtenida de la cantera de Portland, Inglaterra. El cemento puede describirse como un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar todo un compacto.

De acuerdo con Ortiz (1986), el cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición, el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra, u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar y endurecer en virtud de que experimenta una reacción química con dicha agua, es por esto que se le denomina cemento hidráulico.

La norma de calidad que rige al cemento Portland en la república mexicana es la Norma Oficial Mexicana NOM-C-1-1980, la cual da la siguiente definición de este producto: Es el conglomerado hidráulico que resulta de la pulverización del Clinker frío, a un grado de finura determinado, al cual se le adicionan sulfato de calcio natural o agua y sulfato de calcio natural.

También, dentro de la norma del cemento Portland, se define el Clinker como el material sintético granular, resultante de la cocción a una temperatura de 1400°, de materias primas de naturaleza calcárea y arcillo ferruginosa previamente trituradas, proporcionadas, mezcladas, pulverizadas y homogeneizadas.

Por tanto, y con las definiciones previas, se tiene un margen básico de los conceptos más importantes e indispensables para conocer las definiciones de concreto y hormigón, así como de los términos necesarios para el conocimiento de sus componentes.

2.2. Historia del concreto.

La historia del concreto es un aspecto fundamental para su estudio, ya que proporciona un margen de la evolución y los aspectos y teorías previas que se han formalizado a través del tiempo en este material tan importante para el desarrollo tanto de poblaciones actuales como de civilizaciones antiguas.

Cuando se optó por levantar edificaciones utilizando materiales arcillosos o pétreos, surgió la necesidad de obtener pastas o morteros que permitieran unir la mampostería antigua para poder conformar estructuras estables. Inicialmente se emplearon pastas elaboradas con arcilla, yeso o cal, pero se deterioraban rápidamente ante las condiciones atmosféricas. De esa manera los antiguos egipcios utilizaban diversas pastas obtenidas con mezclas de yesos y calizas disueltas en agua, para poder unir sólidamente desde los sillares de piedra hasta las pirámides.

Según Díaz (1967), los romanos emplearon por primera vez el concreto a fines del Siglo II a.C. Lo utilizaron en la construcción de muros y bóvedas, en los primeros empleaban el concreto como material de relleno formando una especie de cimbra con dos paredes de piedra. Ambos elementos de construcción son característicos de la cultura romana aunque no fueron los propios romanos quienes los inventaron.

A su vez, en la Antigua Grecia, hacia el 500 a. C., se mezclaban compuestos de caliza calcinada con agua y arena, añadiendo piedras trituradas, tejas rotas o ladrillos, dando origen al primer hormigón de la historia, usando tobas volcánicas extraídas de los lugares accesibles para su uso.

Posteriormente, Joseph Aspdin y James Parker patentaron en 1824 el Cemento Portland, obtenido de caliza arcillosa y carbón calcinados a alta temperatura, denominado así por su color gris verdoso oscuro, muy similar a la piedra de la isla de Portland. Isaac Johnson obtiene en 1845 el prototipo del cemento moderno elaborado de una mezcla de caliza y arcilla calcinada a alta temperatura, hasta la formación del Clinker; el proceso de industrialización y la introducción de hornos rotatorios propiciaron su uso para gran variedad de aplicaciones, hacia finales del siglo XIX.

A principios del siglo XX surge el rápido crecimiento de la industria del cemento, debido a varios factores: los experimentos de los químicos franceses Louis Vicat y Le Chatelier y el alemán Michaélis, que logran producir cemento de calidad homogénea; la invención del horno rotatorio para calcinación y el molino tubular; y los métodos de transportar hormigón fresco ideados por Juergen Hinrich Magens que patenta entre 1903 y 1907. Con estos adelantos pudo elaborarse cemento Portland en grandes cantidades y utilizarse ventajosamente en la industria de la construcción.

Actualmente el uso de materiales reciclados como ingredientes del hormigón ha ganado popularidad debido a la cada vez más severa legislación medioambiental, así como la progresiva concienciación de la sociedad. Los ingredientes reciclados más empleados son las cenizas volantes, un subproducto de las centrales

termoeléctricas alimentadas por carbón. El impacto ambiental de la industria del cemento es significativo, pero mediante el empleo de estos nuevos materiales se posibilita la reducción de canteras y vertederos, ya que actúan como sustitutos del cemento, y reducen la cantidad necesaria para obtener un buen hormigón.

Por tanto, el uso de cemento como el concreto Portland han tenido sus cambios a lo largo de la historia, y se actualizan de acuerdo a los cambios tecnológicos de la época para así mejorar la producción y las características del material previamente mencionado.

2.3. Características y comportamiento del concreto.

El concreto es el material resultante de unir agregados con la pasta que se obtiene al añadir agua a un conglomerante. El conglomerante puede ser cualquiera, pero cuando se refiere a hormigón, generalmente es un cemento artificial, y entre estos últimos, el más importante y habitual es el cemento portland. Los agregados proceden de la desintegración o trituración, natural o artificial de rocas y, según la naturaleza de las mismas, reciben el nombre de agregados silíceos, calizos, graníticos, etc. El agregado cuyo tamaño sea superior a 5 mm se llama agregado grueso o grava, mientras que el inferior a 5 mm se llama agregado fino o arena. El tamaño de la grava influye en las propiedades mecánicas del hormigón.

De acuerdo con Nawy (1988) los agregados abarcan de un 60 al 80% del volumen del concreto, y tienen que estar graduados de tal forma que la masa total del concreto actúe como una combinación relativamente sólida, homogénea y densa,

con los tamaños más pequeños actuando como un relleno de los vacíos que existen entre las partículas más grandes.

La pasta formada por cemento y agua es la que le da al concreto su fraguado y endurecimiento, mientras que el agregado es un material inerte sin participación directa en el fraguado y endurecimiento del concreto. El cemento se hidrata en contacto con el agua, iniciándose diversas reacciones químicas de hidratación que lo convierten en una pasta maleable con buenas propiedades adherentes, que en el transcurso de unas horas, derivan en el fraguado y endurecimiento progresivo de la mezcla, obteniéndose un material de consistencia pétreo.

Una característica importante del concreto es poder adoptar formas distintas, a voluntad del proyectista. Al colocarse en obra es una masa plástica que permite rellenar un molde, previamente construido con una forma establecida, que recibe el nombre de encofrado o cimbrado.

2.3.1. Características mecánicas.

La principal característica estructural del concreto es resistir muy bien los esfuerzos de compresión. Sin embargo, tanto su resistencia a flexión como al esfuerzo cortante son relativamente bajas, por lo cual se debe utilizar en situaciones donde las sollicitaciones por flexión o cortante sean muy bajas. Para determinar la resistencia se preparan ensayos mecánicos (ensayos de ruptura) sobre probetas de concreto.

Para superar este inconveniente, se "arma" el concreto introduciendo barras de acero, conocido como hormigón armado, o concreto reforzado, permitiendo soportar los esfuerzos cortantes y de tracción con las barras de acero. Es usual, además, disponer barras de acero reforzando zonas o elementos fundamentalmente comprimidos, como es el caso de los pilares. Los intentos de compensar las deficiencias del concreto a flexión y cortante originaron el desarrollo de una nueva técnica constructiva a principios del siglo XX, la del concreto armado. Así, introduciendo antes del fraguado alambres de alta resistencia tensados en el concreto, éste queda comprimido al fraguar, con lo cual las flexiones que surgirían para resistir las acciones externas, se convierten en descompresiones de las partes previamente comprimidas, resultando muy ventajoso en muchos casos. Para el pretensado se utilizan aceros de muy alto límite elástico, dado que el fenómeno denominado fluencia lenta anularía las ventajas del pretensado. Posteriormente se investigó la conveniencia de introducir tensiones en el acero de manera deliberada y previa al fraguado del concreto de la pieza estructural, desarrollándose las técnicas del concreto pretensado y el concreto postensado.

2.3.2. Características físicas del concreto.

Las principales características físicas del concreto, en valores aproximados, son:

Densidad: en torno a 2350 kg/m^3

- Resistencia a compresión: de 150 a 500 kg/cm² para el concreto simple. Existen concretos especiales de alta resistencia que alcanzan hasta 2000 kg/cm².
- Resistencia a flexión: proporcionalmente baja, es del orden de un décimo de la resistencia a compresión y, generalmente, poco significativa en el cálculo global.
- Tiempo de fraguado: dos horas, aproximadamente, variando en función de la temperatura y la humedad del ambiente exterior.
- Tiempo de endurecimiento: progresivo, dependiendo de la temperatura, humedad y otros parámetros. De 24 a 48 horas, adquiere la mitad de la resistencia máxima; en una semana 3/4 partes, y en 4 semanas prácticamente la resistencia total de cálculo.
- Dado que el hormigón se dilata y contrae en magnitudes semejantes al acero, pues tienen parecido coeficiente de dilatación térmico, resulta muy útil su uso simultáneo en obras de construcción; además, el hormigón protege al acero de la oxidación al recubrirlo.

2.3.3. Resistencia.

En el proyecto previo de los elementos, la resistencia característica (*fck*) del concreto es aquella que se adopta en todos los cálculos como resistencia a compresión del mismo, y dando por hecho que el concreto que se ejecutará resistirá ese valor, se dimensionan las medidas de todos los elementos estructurales.

La resistencia característica de proyecto (f_{ck}) establece por tanto el límite inferior, debiendo cumplirse que cada amasada de concreto colocada tenga esa resistencia como mínimo. En la práctica, en la obra se realizan ensayos estadísticos de resistencias de los concretos que se colocan y el 95 % de los mismos debe ser superior a f_{ck} , considerándose que con el nivel actual de la tecnología del hormigón, una fracción defectuosa del 5 % es perfectamente aceptable.

La resistencia del hormigón a compresión se obtiene en ensayos de ruptura por compresión de probetas cilíndricas normalizadas realizados a los 28 días de edad y fabricadas con las mismas amasadas puestas en obra. Esta probeta cilíndrica tiene un perímetro tanto superior como inferior de 15 cm y una altura de 30 cm, el cual es sometido a esfuerzos de compresión hasta someterlo a la falla y, así, determinar la resistencia a la compresión del mismo.

2.3.4. Consistencia del concreto fresco.

La consistencia es la mayor o menor facilidad que tiene el concreto fresco para deformarse y consiguientemente para ocupar todos los huecos del molde o encofrado. Influyen en ella distintos factores, especialmente la cantidad de agua de amasado, pero también el tamaño máximo del agregado, la forma de los agregados y su granulometría.

La consistencia se fija antes de la puesta en obra, analizando cual es la más adecuada para la colocación según los medios que se dispone de compactación. Se trata de un parámetro fundamental en el concreto fresco.

Entre los ensayos que existen para determinar la consistencia, el más empleado es el cono de Abrams. Consiste en llenar con concreto fresco un molde troncocónico de 30 cm de altura. La pérdida de altura que se produce cuando se retira el molde, es la medida que define la consistencia.

Los concretos se clasifican por su consistencia en secos, plásticos, blandos y fluidos tal como se indica en la tabla siguiente:

Consistencia	Asiento en cono de Abrams (cm)	Compactación
Seca	0-2	Vibrado
Plástica	3-5	Vibrado
Blanda	6-9	Picado con barra
Fluida	10-15	Picado con barra
Líquida	16-20	Picado con barra

Tabla 2.1. Consistencia de los concretos frescos.

Fuente: Adaptación propia de www.wikipedia.org, (2015)

2.3.5. Durabilidad.

La durabilidad del concreto es la capacidad del mismo, para comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas y químicas agresivas a lo largo de la

vida útil de la estructura protegiendo también las armaduras y elementos metálicos embebidos en su interior.

Por tanto, no sólo hay que considerar los efectos provocados por las cargas y sollicitaciones, sino también las condiciones físicas y químicas a las que se expone. Por ello se considera el tipo de ambiente en que se va a encontrar la estructura y que puede afectar a la corrosión de las armaduras, ambientes químicos agresivos, zonas afectadas por ciclos de hielo-deshielo, etc.

Para garantizar la durabilidad del concreto y la protección de las armaduras frente a la corrosión es importante realizar un concreto con una permeabilidad reducida, realizando una mezcla con una relación agua-cemento baja, una compactación idónea, un peso en cemento adecuado y la hidratación suficiente de éste añadiendo agua de curado para completarlo. De esta forma se consigue que haya los menos poros posibles y una red capilar interna poco comunicada y así se reducen los ataques al hormigón.

En los casos de existencia de sulfatos en el terreno o de agua de mar se deben emplear cementos especiales. Para prevenir la corrosión de armaduras hay que cuidar el recubrimiento mínimo de las mismas.

2.4. Características de los componentes del concreto.

Cada uno de los elementos que integran el concreto, poseé características propias que son esenciales conocer para fabricar la mezcla deseada, por tanto es importante conocer a detalle cada uno de estos elementos y destacar las

características necesarias que deben tener para su adecuado manejo dentro del concreto, por lo que se mencionan a continuación.

2.4.1. Cemento.

Los cementos son productos que amasados con agua fraguan y endurecen formándose nuevos compuestos resultantes de reacciones de hidratación que son estables tanto al aire como sumergidos en agua. Se puede considerar el cemento como a cualquier agente que se mezcla con agua u otro líquido, o con ambos, para obtener una pasta aglutinante. (Merritt, Kent y Ricketts, 1999, Sección 5.1)

El cemento más utilizado y popular en la actualidad es el cemento Portland, previamente descrito en éste capítulo. El cemento Portland se obtiene al calcinar a unos 1500 °C mezclas preparadas artificialmente de calizas y arcillas. El producto resultante, llamado clinker, se muele añadiendo una cantidad adecuada de regulador de fraguado, que suele ser piedra de yeso natural.

Un aspecto importante que se debe considerar en el cemento es el tiempo de fraguado, el cual, de acuerdo con Neville y Brooks (1998), es el tiempo en el que la mezcla cambia de su estado fluido a su estado rígido. El fraguado inicial corresponde a un incremento rápido en la temperatura del concreto, mientras que el fraguado final es a la temperatura pico. Estos dos fraguados se deben diferenciar del fraguado falso, que ocurre, a veces, a pocos minutos de mezclarse con el agua. El fraguado falso no desprende calor alguno y el concreto puede remezclarse sin añadir agua. El tiempo aproximado del fraguado se calcula de unas 10 horas, dependiendo de las condiciones de humedad y calor del entorno.

2.4.2. Agregados.

Siguiendo con Neville y Brooks (1998), la calidad del agregado es de suma importancia, ya que corresponde aproximadamente tres cuartas partes del volumen del concreto. El agregado no sólo puede limitar la resistencia del concreto, sino que sus propiedades pueden afectar enormemente su durabilidad y desempeño.

Los agregados naturales se forman por procesos climáticos y abrasivos, o por molido artificial de una gran masa del material de origen. Muchas características del agregado dependerán de las propiedades de la roca original, como la composición química y mineral, la clasificación petrográfica, la gravedad específica, la dureza, la resistencia, la estabilidad química y física, la estructura del poro, el color, etc. Además el agregado tiene otras propiedades diferentes de las de la roca original: forma y tamaño de la partícula, textura de superficie y absorción; las cuales pueden influir considerablemente en la calidad del concreto fresco o fraguado.

El concreto se hace con partículas de agregado de una variedad de tamaños hasta un máximo de entre 10 mm (3/8") y 50 mm (2"); lo típico son 20 mm (3/4"). La distribución del tamaño de la partícula se denomina graduación. Un concreto de bajo grado puede estar hecho con agregado de depósito que contengan diferentes tamaños de partícula, de las más grandes hasta las más pequeñas, conocido agregado con "todo dentro". La alternativa más común en la fabricación de concreto de buena calidad consiste en obtener un agregado en, por lo menos, dos lotes separados con división principal en el tamaño de partícula de 5 mm (3/16") o malla núm. 4 de la ASTM. Así, se divide el agregado en fino (arena) y grueso o granular.

2.4.2.1. Porosidad y absorción del agregado.

Un aspecto importante a considerar dentro de los agregados es el de la porosidad y absorción de las partículas que ese posee, ya que la porosidad, la permeabilidad y la absorción del agregado influyen en la adherencia con la pasta de cemento, en la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo, en la estabilidad química, en la resistencia a la abrasión y en la gravedad o peso específico, así mencionado por Neville y Brooks (1998).

Los tamaños de los poros en el agregado varían en un amplio rango pero hasta los más pequeños son mayores que los poros de gel en la pasta de cemento. Algunos poros del agregado están totalmente dentro de la partícula, pero otros se abren en la superficie, de modo que el agua puede penetrar en ellos; la cantidad y la proporción de la penetración dependerán del tamaño, de la continuidad y del volumen total de los poros. El grado de la porosidad de las rocas comunes varía de 0 a 50%. Puesto que el agregado representa aproximadamente tres cuartas partes del volumen de concreto, es claro que la porosidad del mismo contribuye a la porosidad general del concreto.

Cuando todos los poros del agregado están llenos, se dice que está saturado y es de superficie seca. Si se permite que el agregado quede libre en aire seco, parte del agua se evaporará, por lo que quedará un agregado de aire seco. Un resecamiento prolongado en horno, elimina eventualmente toda la humedad y, en esta etapa, el agregado queda en estado seco hasta el hueso (o de horno seco). Estos estados, incluyendo uno inicial húmedo, se muestran en la figura siguiente.

Por otra parte, la absorción de agua se determina midiendo la disminución de masa de una muestra saturada y de superficie seca después de secarla en el horno durante 24 horas. La relación de la disminución de masa respecto a la masa de la muestra seca, expresada en porcentaje, y siguiendo con Neville y Brooks (1998), se denomina absorción.

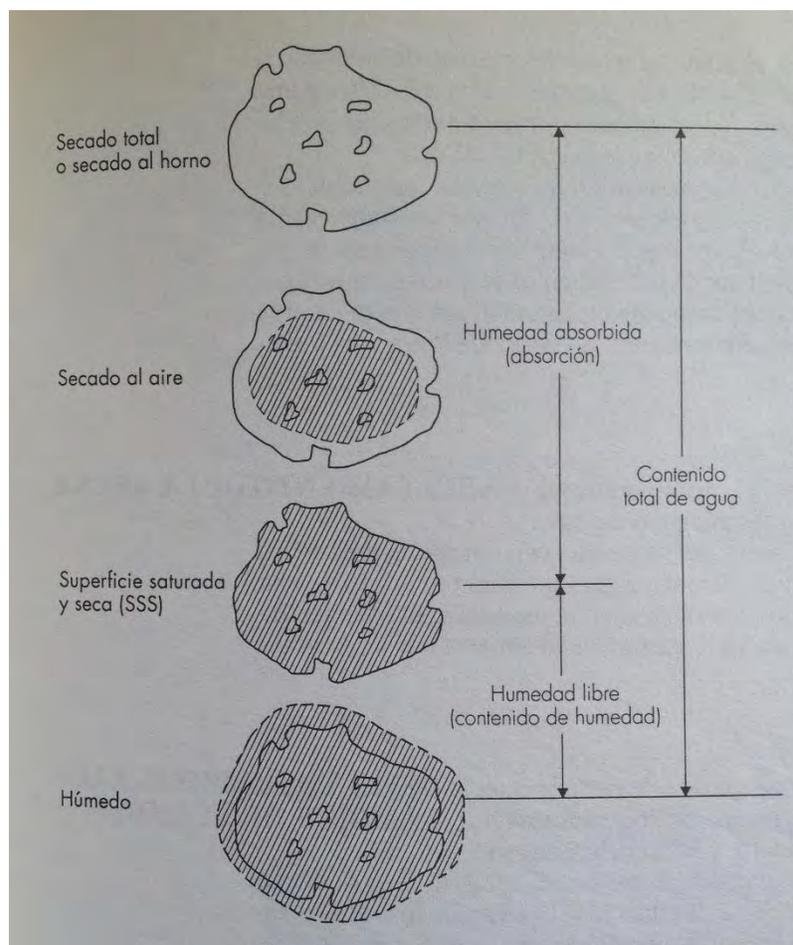


Imagen 2.1. Humedad en las partículas de suelo.

Fuente: Tecnologías del concreto, (1988), pág. 49

La suposición de que el agregado seco en horno en una mezcla real, absorberá suficiente agua como para quedar en estado saturado y de superficie seca, puede no ser válida. La cantidad de agua absorbida depende del orden en que se alimenten los ingredientes en la mezcladora, así como el recubrimiento del agregado grueso por la pasta de cemento. Por tanto, el mejor momento para determinar el grado de absorción de agua es de 10 a 30 min más que de 24 horas. Aún más, si el agregado está en estado seco, la absorción de agua será correspondientemente menor. La absorción real del agua del agregado debe deducirse del requerimiento total del agua de la mezcla, para obtener la relación efectiva de agua/cemento, que controla tanto la manejabilidad como la resistencia del concreto.

2.4.3. Agua.

El agua es un elemento vital para las mezclas de concreto, por lo que debe tener un grado importante de análisis al momento de ser utilizada para dicho material. La calidad del agua es importante, ya que las impurezas que contenga pueden interferir en el endurecimiento del cemento, afectar negativamente la resistencia del concreto u ocasionar el manchado de la superficie, así como llevar a la corrosión del refuerzo. Por estas razones, debe evaluarse su conveniencia para fines de mezclado y curado. Debe hacerse una distinción clara entre los efectos del agua ara mezcla y el tanque de aguas agresivas al concreto endurecido, ya que algunas de estas últimas son inofensivas e incluso benéficas si se usan en el mezclado.

2.4.3.1. Agua para mezcla.

En muchas especificaciones, la calidad del agua se considera en una cláusula que establece que ésta debe ser apta para beber. Esta agua muy rara vez contendrá sólidos disueltos por sobre 2000 partes por millón (ppm) y por lo general menos de 1000 ppm. Para una relación de agua/cemento de 0.5 por masa, el segundo contenido corresponde a una cantidad de sólidos igual a 0.05% de la masa del cemento; así, cualquier efecto de los sólidos comunes (considerados como agregado) sería pequeño.

Si el contenido de sedimento es mayor de 2000 ppm, puede reducirse permitiendo que el agua permanezca en un depósito para que se asiente, antes de usarse. Sin embargo, el agua empleada para lavar las mezcladoras es satisfactoria para la mezcla (debido a que los sólidos que contiene son ingredientes adecuados para concreto), a condición de que haya sido adecuado desde el principio.

El criterio de potabilidad del agua no es absoluto: el agua para beber puede no ser adecuada para la mezcla cuando tenga una concentración alta de sodio y potasio, por el peligro a una reacción álcali-agregado. El agua potable es por lo general segura, pero la no potable suele ser adecuada para elaborar concreto. Como regla, cualquier agua con un pH (grado de acidez) de 6.0 a 8.0 que no sepa salada, es útil. Las aguas naturales ligeramente ácidas son inofensivas, pero las que contengan ácido húmico u otros ácidos orgánicos pueden afectar negativamente el endurecimiento del concreto; estas aguas, así como las muy alcalinas, deben ser probadas previamente.

2.4.3.2. Agua para curado.

En general, el agua que es adecuada para mezcla lo es para curado. Sin embargo, el hierro y la materia orgánica pueden ocasionar manchas, especialmente si el agua fluye lentamente sobre el concreto y se evapora con rapidez. En algunos casos la decoloración es insignificante y cualquier agua adecuada para la mezcla, incluso de calidad ligeramente menor, es adecuada para el curado. Sin embargo es esencial que esté libre de sustancias que ataquen el concreto endurecido, por ejemplo el CO₂ libre. El fluir de agua pura, proveniente de deshielo o de condensación, con un poco de CO₂, disuelve el Ca(OH)₂ y provoca erosión de la superficie. El curado con agua de mar puede afectar el refuerzo del concreto y llevarlo a la falla con rapidez.

Tanto el agua para mezcla como para curado deben ser analizadas previamente de manera que se emplea cierta agua para una mezcla y se compara el tiempo de fraguado así como su resistencia de cubos de mortero empleados con dicha agua, con los resultados obtenidos se logra dar un conocimiento si el agua es apta para las mezclas o curado correspondientemente. Mediante los análisis químicos no se puede determinar si se producirá manchado debido a impurezas del agua para curado lo cual debe de confirmarse con una prueba de funcionamiento que incluya mojado simulado y evaporación.

Debido a la importancia que el agua presenta al momento de realizar una mezcla de concreto, es importante tener en consideración localidad del agua para uso, así como la disponibilidad de la misma para los efectos deseados, ya sea

utilizada para la mezcla o para el curado de la misma al momento de finalizar su elaboración y fraguado.

2.4.4. Aditivos.

De acuerdo con la Sociedad Americana de Ensayes y Materiales (ASTM), señalado en las normas de la ACI 212 (1969), señalan a los aditivos como cualquier material que no sea agua, agregado o cemento Portland que se usa como ingrediente del concreto y que se añade a la revoltura inmediatamente antes o durante su mezclado.

Los componentes básicos del concreto son cemento, agua y agregados; otros componentes minoritarios que se pueden incorporar son: adiciones, aditivos, fibras, cargas y pigmentos.

Pueden utilizarse como componentes del concreto los aditivos y adiciones, siempre que mediante los oportunos ensayos, se justifique que la sustancia agregada en las proporciones y condiciones previstas produce el efecto deseado sin perturbar excesivamente las restantes características del concreto ni representar peligro para la durabilidad del mismo, ni para la corrosión de las armaduras.

Las adiciones son materiales inorgánicos que, finamente molidos, pueden ser añadidos al hormigón en el momento de su fabricación, con el fin de mejorar alguna de sus propiedades o conferirle propiedades especiales. Los aditivos son sustancias o productos que se incorporan al hormigón, antes o durante el amasado, produciendo la modificación de alguna de sus características, de sus propiedades

habituales o de su comportamiento. Normalmente se establece una proporción no superior al 5 % del peso del cemento.

En general, se puede definir a los aditivos para concreto como los componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco, los cuales se suelen presentar en forma de polvo o de líquido a manera de emulsiones.

2.5. Fabricación del Concreto.

Es muy importante conseguir la mezcla óptima en las proporciones precisas de agregados de distintos tamaños, cemento y agua, señalan Neville y Brooks (1998). No hay una mezcla óptima que sirva para todos los casos. Para establecer la dosificación adecuada en cada caso se debe tener en cuenta la resistencia mecánica, factores asociados a la fabricación y puesta en obra, así como el tipo de ambiente a que estará sometido.

Hay muchos métodos para dosificar previamente el concreto, pero son solo orientativos. Las proporciones definitivas de cada uno de los componentes se suelen establecer mediante ensayos de laboratorio, realizando correcciones a lo obtenido en los métodos teóricos.

Se señalan brevemente los aspectos básicos que hay que determinar:

1. La resistencia característica (f_{ck}) se fija en el proyecto.

2. La selección del tipo de cemento se establece en función del tipo de concreto que se requiera (en masa, armado, pretensado, prefabricado, de alta resistencia, desencofrado rápido, concretos en tiempo frío o caluroso, etc.) y del tipo de ambiente a que estará expuesto.
3. El tamaño máximo del agregado interesa que sea el mayor posible, pues a mayor tamaño menos agua necesitará ya que la superficie total de los granos de agregado a rodear será más pequeña. Pero el tamaño máximo estará limitado por los espacios que tiene que ocupar el concreto fresco entre dos armaduras cercanas o entre una armadura y el cimbrado.
4. La consistencia del concreto se establece en función del tamaño de los huecos que hay que rellenar en el cimbrado y de los medios de compactación previstos.
5. La cantidad de agua por metro cúbico de concreto. Conocida la consistencia, el tamaño máximo del agregado y si la piedra es canto rodado o producto de trituración es inmediato establecer la cantidad de agua que se necesita.
6. La relación agua/cemento depende fundamentalmente de la resistencia del concreto, influyendo también el tipo de cemento y los agregados empleados.
7. Conocida la cantidad de agua y la relación agua /cemento, se determina la cantidad de cemento.
8. Conocida la cantidad de agua y de cemento, el resto serán agregados.

9. Determinar la composición granulométrica del agregado, que consiste en determinar los porcentajes óptimos de los diferentes tamaños de agregados disponibles. Hay varios métodos, unos son de granulometría continua, lo que significa que interviene todos los tamaños de agregados, otros son de granulometría discontinua donde falta algún tamaño intermedio de agregado.

Determinada la dosificación más adecuada, en la planta de concreto se miden los componentes, el agua en volumen, mientras que el cemento y los agregados se miden en peso.

Los materiales se amasan en la revolvedora o manualmente para conseguir una mezcla homogénea de todos los componentes. El agregado debe quedar bien envuelto por la pasta de cemento. Para conseguir esta homogeneidad, primero se vierte la mitad de agua, después el cemento y la arena simultáneamente, luego el agregado grueso y por último el resto de agua.

Para el transporte al lugar de empleo se deben emplear procedimientos que no varíen la calidad del material, normalmente revolvedoras. El tiempo transcurrido no debe ser superior a hora y media desde su amasado. Si al llegar donde se debe colocar el concreto, este ha empezado a fraguar debe desecharse.

2.6. Colocación del concreto.

Una vez obtenida una dosificación de concreto adecuada, se presentan ciertos parámetros considerables al momento de la colocación en obra del concreto, los cuales se mencionan a continuación.

2.6.1. Colocación de armaduras.

Las armaduras deben estar limpias y sujetarse al encofrado y entre sí de forma que mantengan la posición prevista sin moverse en el vertido y compactación del concreto. Para ello se colocan distanciadores en número suficiente que permitan mantener la rigidez del conjunto.

Las distancias entre las diversas barras de armaduras deben mantener una separación mínima que está normalizada para permitir una correcta colocación del concreto entre las barras de forma que no queden huecos o coqueras durante la compactación del concreto.

De igual manera el espacio libre entre las barras de acero y la cimbra, llamado recubrimiento, debe mantener una separación mínima, también normalizada, que permita el relleno de este espacio por el concreto. Este espacio se controla por medio de separadores que se colocan entre la armadura y el cimbrado.

2.6.2. Cimbrado.

El cimbrado (también llamado encofrado) debe contener y soportar el concreto fresco durante su endurecimiento manteniendo la forma deseada sin que se deforme.

Suelen ser de madera (cimbraplay) o metálicos y se exige que sean rígidos, resistentes y limpios. En su montaje deben quedar bien sujetos de forma que durante la consolidación posterior del concreto no se produzcan movimientos.

Antes de reutilizar una cimbra debe limpiarse bien con cepillos de alambre eliminando los restos de mortero que se hayan podido adherir a la superficie. Para facilitar el descimbrado se suelen aplicar a la cimbra productos descimbrantes; estos deben estar exentos de sustancias perjudiciales para el hormigón.

2.6.3. Colocación y compactación.

El vertido del concreto fresco en el interior de la cimbra debe efectuarse evitando que se produzca la segregación de la mezcla. Para ello se debe evitar verterlo desde gran altura, hasta un máximo de dos metros de caída libre y no se debe desplazar horizontalmente la masa.

Se coloca por capas horizontales de espesor reducido para permitir una buena compactación (hasta 40 cm en concreto en masa y 60 cm en concreto armado). Las distintas capas se consolidan sucesivamente, trabando cada capa con la anterior con el medio de compactación que se emplee y sin que haya comenzado a fraguar la capa anterior.

Para conseguir un concreto compacto, eliminando sus huecos y para que se obtenga un completo cerrado de la masa, hay varios sistemas de consolidación. El picado con barra, que se realiza introduciéndola sucesivamente, precisa concretos de consistencias blandas y fluidas y se realiza en obras de poca importancia

resistente. La compactación por golpeo repetido de un pisón se emplea en capas de 15 o 20 cm de espesor y mucha superficie horizontal. La compactación por vibrado es la habitual en concretos resistentes y es apropiada en consistencias secas.

El vibrador más utilizado es el de aguja, un cilindro metálico de 35 a 125 mm de diámetro cuya frecuencia varía entre 3.000 y 12.000 ciclos por minuto. La aguja se dispone verticalmente en la masa de concreto fresco, introduciéndose en cada capa hasta que la punta penetre en la capa anterior y cuidando de no tocar las armaduras pues la vibración podría separar la masa de concreto de la armadura. Mediante el vibrado se reduce el aire contenido en el hormigón sin compactar que se estima del orden del 15 al 20 % hasta un 2-3 % después del vibrado.

2.6.4. Curado.

Siguiendo con lo dicho por Neville y Brooks (1998), el curado es una de las operaciones más importantes en el proceso de puesta en obra por la influencia decisiva que tiene en la resistencia del elemento final. Durante el fraguado y primer endurecimiento se producen pérdidas de agua por evaporación, formándose huecos capilares en el hormigón que disminuyen su resistencia. En particular el calor, la sequedad y el viento provocan una evaporación rápida del agua incluso una vez compactado. Es preciso compensar estas pérdidas curando el concreto añadiendo abundante agua que permita que se desarrollen nuevos procesos de hidratación con aumento de la resistencia.

Hay varios procedimientos habituales para curar el concreto. Desde los que protegen del sol y del viento mediante membranas y plásticos; mediante riegos de

agua en la superficie; la inmersión en agua empleada en prefabricación; los productos de curado aplicados por pulverización; los pulverizados a base de resinas forman una película que impide la evaporación del agua, se trata de uno de los sistemas más eficaces y más costosos.

2.6.5. Des-cimbrado y acabados.

La retirada de la cimbra se realiza cuando el concreto ha alcanzado el suficiente endurecimiento. En los portland normales suele ser un periodo que oscila entre 3 y 7 días. Una vez descimbrado hay que reparar los pequeños defectos superficiales normalmente huecos o detalles superficiales. Si estos defectos son de grandes dimensiones o están en zonas críticas resistentes puede resultar necesario la demolición parcial o total del elemento construido.

Es muy difícil que queden bien ejecutadas las aristas vivas de concreto, por ello es habitual biselarlas antes de su ejecución. Esto se hace incorporando en las esquinas de los encofrados unos biseles de madera llamados berenjenos.

Con todo lo visto dentro del tema del concreto, se observa que contiene aspectos de gran importancia en cuanto a su observación, análisis y ejecución al momento de manejarlo tanto en obra como en laboratorio. Se observa la importancia que tiene desde los materiales que conforman el concreto hasta las medidas que lleva al momento de su implementación en obra, por lo tanto se deben manejar medidas estrictas para contar con una mezcla de concreto óptima.

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se abordarán las generalidades del proyecto, así como se mostrará la ubicación del lugar donde será ejecutado, partiendo de la localidad, su entorno geográfico, mismo en el cual se mostrará su ubicación geográfica, mencionando las características físicas del lugar y presentando un reporte fotográfico y descriptivo del lugar.

3.1. Generalidades.

En este apartado se analizará el objetivo principal de la investigación, mencionando cuales son las metas o fines a los cuales se espera llegar con la presente investigación, así como el alcance de la misma, señalando los puntos o aspectos a los que se espera llegar al finalizar el proyecto.

3.1.1. Objetivo

El principal objetivo de la investigación es proponer un re-encarpetamiento de concreto para la calle Atenas ubicada en la ciudad de Uruapan Mich. Basado en las normas y reglamentos de la región. Se pretende dar a conocer un espesor tanto para la base y la sub-base, así como para la carpeta de concreto que el pavimento requiera.

3.1.2. Alcance del proyecto.

La propuesta de re-encarpetamiento presentada en la investigación a efectuar, se cumplirá dando a conocer el espesor de la losa de concreto con base en las normas y reglamentos. Se presentan los procedimientos y análisis requeridos para una adecuada construcción del proyecto en cuestión, así como planos del terreno, secciones y perfiles del mismo, incluyendo estudios realizados tales como aforos vehiculares y cálculos del valor relativo de soporte, entre otros.

3.2. Resumen ejecutivo.

Para poder lograr concretar este proyecto, fue necesario realizar el levantamiento topográfico de la calle Atenas para así obtener el perfil, las secciones y los planos de la planta de la misma.

A sí mismo, se realizaron estudios de tráfico vehicular para calcular las cargas transmitidas y que soportará la carpeta de concreto, los cálculos necesarios para el dimensionamiento tanto de la base y la sub base como de la carpeta misma.

Se utilizó la ayuda de mapas satelitales como el Google Earth así como el Google Maps para localización y referenciación de los mapas y de la calle en el mapa geográfico de la región.

3.3. Entorno geográfico

En este apartado se analiza la macro y microlocalización de la zona del proyecto y la región del municipio de Uruapan, Michoacán, se estudian las principales características con las que cuenta el municipio.

3.3.1. Macrolocalización.

El estado de Michoacán se localiza en la parte centro occidente de la república mexicana, sobre la costa meridional del Océano Pacífico, entre los 17°54'34" y 20°54'37" de latitud Norte y los 100°03'23" y 103°44'09" de longitud Oeste.

El estado de Michoacán cubre una extensión de 5,986,400 hectáreas (59,864 km²), que representa alrededor del 3% de la superficie total del territorio nacional, con un litoral que se extiende a lo largo de 210.5 km. Sobre el Océano Pacífico.



Imagen 3.1. Michoacán en la República Mexicana.

Fuente: www.actasplusmexico.com.mx

Colinda al norte con los estados de Guanajuato y Jalisco, al Sur con el estado de Guerrero y el Océano Pacífico, al este con el Estado de México y Guerrero, al oeste con Colima y Jalisco y al noreste con el estado de Querétaro.

En Michoacán se distinguen dos grandes regiones climáticas: la correspondiente a la Sierra Madre del Sur y el eje Neovolcánico, predominando los climas cálidos y semicálidos subhúmedos, así como los semifríos húmedos.

3.3.2. Microlocalización.

Uruapan se localiza en la porción oeste del estado de Michoacán, entre los paralelos $19^{\circ}38'00''$ de latitud norte y de los meridianos $101^{\circ}56'00''$ al $102^{\circ}22'00''$ de longitud oeste de Greenwich, con una variación de altitud de 900 msnm.

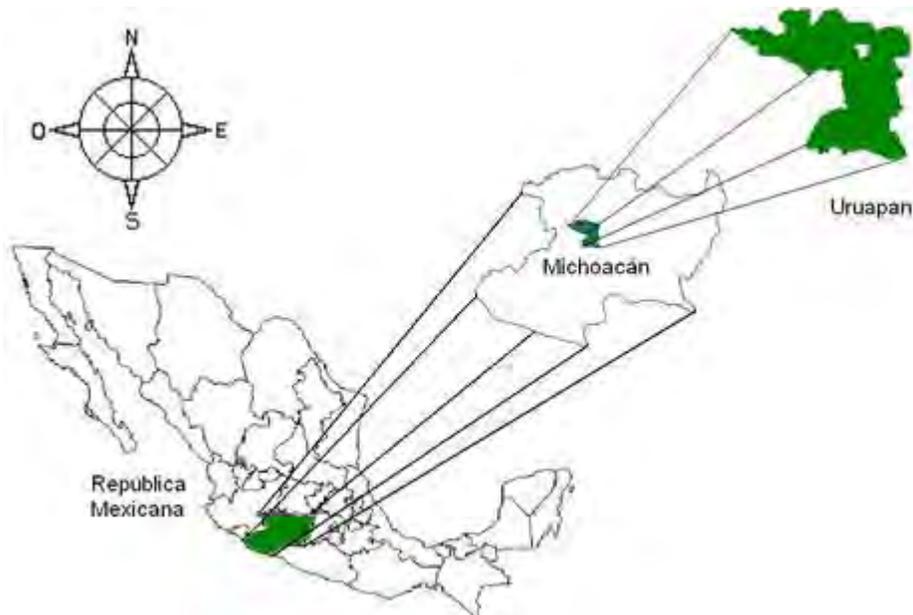


Imagen 3.2 Ubicación de Uruapan en Michoacán.

Fuente: <http://www.normich.com.mx>

El municipio de Uruapan colinda al norte con los municipios de Charapan, Paracho y Nahuatzen, al oeste con Ziracuaretiro y Taretan, al sur con Gabriel Zamora; al oeste con los municipios de Tancitaro, san Juan Parangaricutiro, Periban y Los Reyes.

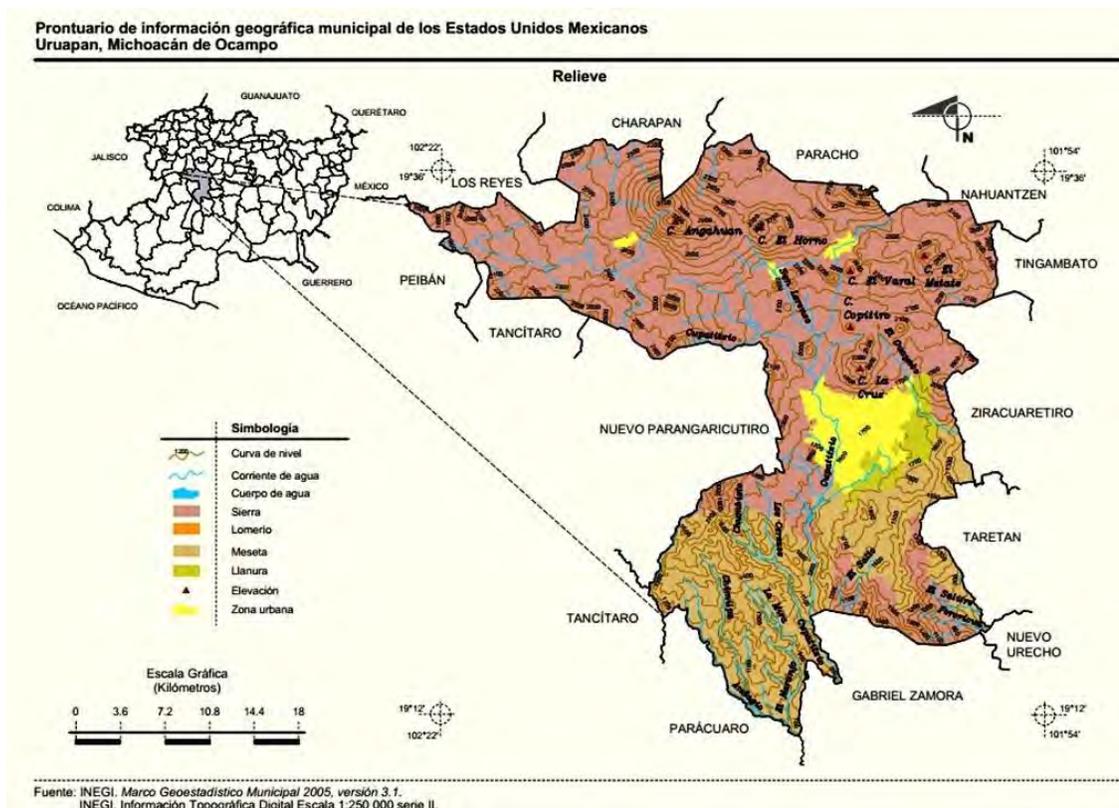
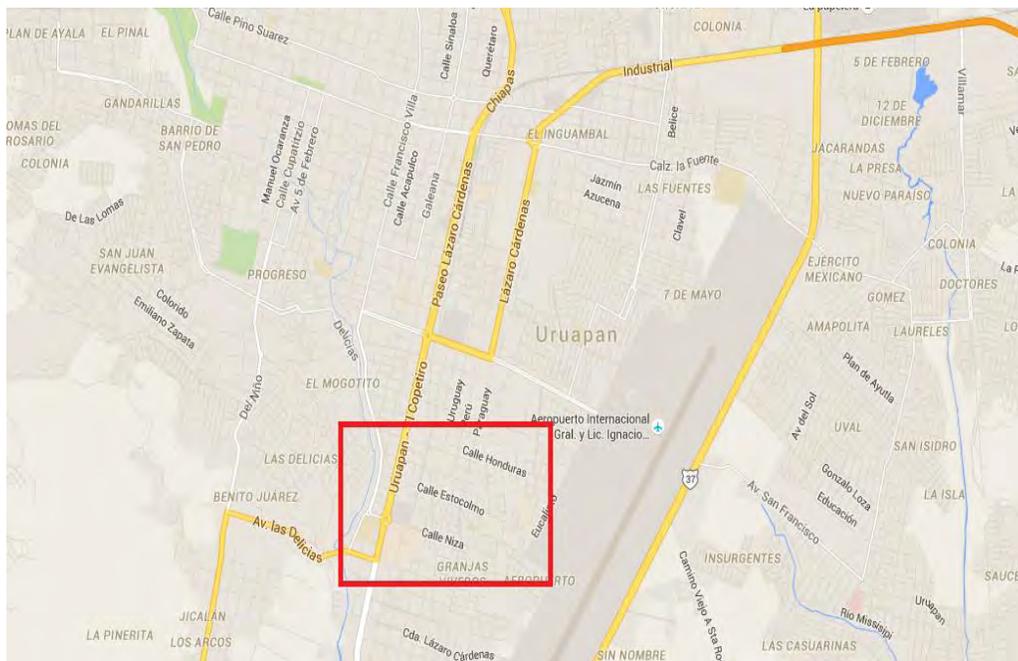


Imagen 3.3 Municipios colindantes con Uruapan.

Fuente: www.skyscrapercity.com

El municipio de Uruapan cuenta con una extensión territorial de 761 km², el cual representa el 1.46% del total de la superficie del estado.

Dentro de la localidad se encuentra la colonia la Joyita ubicada en el cuadrante sur de la ciudad, la cual alberga al calle Atenas que a su vez es de interés para el proyecto ya que es donde se llevarán a cabo los análisis para su mejoramiento en la carpeta asfáltica.



Mapa 3.1 Ubicación de la Colonia La Joyita en Uruapan

Fuente: Google Maps

La calle antes mencionada se encuentra al costado de la fábrica de refrescos Pepsi ubicada en el Paseo Lázaro Cárdenas, a su vez esta calle se encuentra entre las calles Niza y Estocolmo de la colonia ya mencionada.



Mapa 3.2 Ubicación de la calle Atenas con las calles que la rodean.

Fuente: Google Maps.

El clima de Uruapan se mantiene en el transcurso del año con temperaturas promedio diferentes, es decir que no cuenta con un clima extremoso y está catalogado entre los mejores climas del mundo, dichos climas son: cálido, subhúmedo con lluvias en verano con una temperatura promedio de 23.4 grados y una precipitación promedio anual de 1127.4 ml.

El municipio cuenta con 5 ríos entre los más importantes y la superficie que recorre en el mismo son: Río Cupatitzio con una superficie de 58.4%, Río Paracho

con 19.6%, Río Parota con una superficie de 15.3%, Río Itzicuaró con 6.0% y Río Bajo Tepalcatepec ocupando una superficie de 0.79%.

3.3.3. Datos geográficos.

A continuación se presentarán algunos datos geográficos más relevantes con los que cuenta el municipio de Uruapan, Michoacán mismos que se relacionan con la colonia la Joyita, perteneciente al mismo municipio y donde se encuentra el proyecto a resolver.

Entre los principales datos geográficos con que cuenta el municipio son:

Extensión: El municipio cuenta con una superficie total de 761 km², mismos que representan el 1.46% de la extensión total del estado de Michoacán.

Orografía: El relieve con que cuenta lo conforman el sistema volcánico transversal, y los cerros Charanda, la Cruz, Jicalán y Magdalena.

Hidrografía: Su hidrografía se constituye por el río Cupatitzio, las presas Caltzontzin, Salto Escondido y Cupatitzio y la cascada conocida como la Tzaráracua.

Clima: Su clima es templado y tropical con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 1,127.4 milímetros y temperaturas que oscilan entre 8.0 a 37.5 grados centígrados.

Principales ecosistemas: En el municipio de Uruapan domina el bosque mixto, con pino y encino, y el bosque tropical deciduo, con parota, guaje, cascalote y

cirían. Su fauna se conforma principalmente por coyote, zorrillo, venado, zorra, cacomixtle, liebre, conejo, pato, torcaza y chachalaca.

Recursos Naturales: La superficie maderable es ocupada por pino, encino y oyamel, en el caso de la no maderable, es ocupado por distintas especies.

Características y uso de suelo: Los suelos del municipio de Uruapan datan de los periodos cenozoicos, terciario, cuaternario y eoceno. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola y ganadero.

3.4. Reporte fotográfico.

Enseguida se muestran algunas imágenes de la calle Atenas, tomadas dentro de la colonia La Joyita de la Ciudad de Uruapan, Michoacán, de tal manera que sirva para darse una idea más generalizada de las condiciones físicas en las cuales se encuentra la calle en la actualidad.



Imagen 3.4 Acceso a la calle Atenas desde el Paseo Lázaro Cárdenas

Fuente: Propia

En la imagen 3.4 se observa la avenida principal Paseo Lázaro Cárdenas por la cual se tiene acceso a la calle Atenas. Se observa la fábrica de refrescos Pepsi, que posee un significativo tramo de la calle.



Imagen 3.5 Calle Atenas vista desde el paseo Lázaro Cárdenas.

Fuente: Propia

Se observa en las imágenes anteriores una vista general a lo largo de la calle Atenas. La calle tiene una extensión de aproximadamente 300 metros, extendiéndose desde la calle Cuba, hasta el pase Lázaro Cárdenas. La calle Atenas se extiende un tramo más después del paseo, sin embargo para fines de esta investigación, únicamente se tomará en cuenta el tramo de 300 metros previamente mencionado.



Imagen 3.6 Desprendimientos de la carpeta asfáltica

Fuente: Propia

La calle Atenas presenta desprendimientos en la carpeta asfáltica (baches), debido al mal mantenimiento que esta posee, estos desprendimientos se generan al momento que el agua penetra la carpeta y gracias a la presión ejercida por los vehículos se incrusta aún más, lo que genera que la carpeta se fracture o desprenda material granular. Este ciclo es constante hasta que el bache es demasiado grande y

requiere un mantenimiento especializado, el cual es deficiente para esta calle en particular.



Imagen 3.7 Encharcamientos sobre la carpeta de asfalto de la calle Atenas.

Fuente: Propia

Debido a la mala calidad y mantenimiento de la carpeta, al presentar desprendimientos, el agua tiende a acumularse formando charcos, los cuales afectan las capacidades tanto físicas como mecánicas de la carpeta, más aún en temporada de lluvias donde esto se presenta con más frecuencia.

3.5. Estado físico actual.

La calle Atenas fue construida hace ya muchos años principalmente con una carpeta asfáltica, la cual a principios de su ejecución presentó un buen uso de la misma, más con el paso del tiempo la calle ha presentado desprendimientos de la carpeta, los cuales no han sido atendidos correctamente generando baches o cavidades muy grandes afectando las propiedades tanto físicas como mecánicas de la carpeta.

Por estas razones, a lo largo de los últimos años, la gente que vive y utiliza la calle Atenas ha propuesto un cambio de carpeta por un pavimento rígido, considerando el aspecto económico ante todo y a su vez que el proyecto resulte eficiente y viable.

3.6. Alternativas de solución.

Debido a que se trata de una calle perteneciente al municipio, se deben seguir los reglamentos estipulados por el H. Ayuntamiento, así como las normas que sean manejadas tanto en la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), así como de la Secretaría de Urbanismo de la localidad.

La alternativa más efectiva, y la que se propone en la presente investigación, es remplazar la carpeta asfáltica de la calle Atenas con una carpeta de concreto simple que cumpla con los parámetros de diseño que sean requeridos.

3.6.1. Planteamiento de alternativas.

A continuación se presentan algunas alternativas, con el fin de mejorar el deterioro y mal manejo o mantenimiento de la calle Atenas, que en este proyecto es el sitio principal de estudio y que se verá afectado constantemente al paso del tiempo si no se tiene un cuidado estricto como el que es planteado en la investigación.

1.- Que el Municipio en colaboración con las personas beneficiadas con la reconstrucción de la calle Atenas contribuyan para ejecutar de manera correcta el proyecto en cuestión.

2.- Que el H. Ayuntamiento colabore de manera correcta en el bacheo de la calle, ya que los trabajos previos en dicho tema han sido de mala calidad, y por tanto su desgaste ocasional es recurrente.

3.- Hacer monitoreo o revisiones frecuentes, no solo en la calle Atenas para su estudio, si no en todas las calles o avenidas que requieran un manejo adecuado de mantenimiento.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se abordará el tema de la metodología utilizada en la presente investigación, se mencionan los métodos empleados, el enfoque al cual va dirigida la investigación, así como los elementos o herramientas utilizadas para la realización de la misma.

4.1.- Método empleado.

El método empleado en la presente investigación es el método científico el cual “se fundamenta estrictamente en las técnicas experimentales, las operaciones lógicas y la imaginación racional, para servir como instrumentos de la adquisición del conocimiento científico” (Tamayo; 2005: 38). El método científico consta de las siguientes fases:

- a) La observación: Consiste en examinar a detalle y con mucha atención todos los hechos y fenómenos que tienen lugar en la naturaleza. La observación científica exige, a su vez, un orden.
- b) La hipótesis: Después de la observación, el científico se plantea el cómo y por qué han ocurrido los fenómenos y se formula una hipótesis.
- c) La experimentación: Es la provocación del fenómeno, hecha a voluntad del investigador.

4.1.1.- Método matemático.

En ciencias aplicadas, un modelo, o método, matemático, es uno de los tipos de modelos científicos que emplea algún tipo de formulismo matemático para expresar relaciones, proposiciones sustantivas de hechos, variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables y/o entidades u operaciones, para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad.

En muchos casos la construcción o creación de modelos matemáticos útiles sigue una serie de fases bien determinadas:

- Identificación de un problema o situación compleja que necesita ser simulada, optimizada o controlada y por tanto requeriría un modelo matemático predictivo.
- Elección del tipo de modelo, esto requiere precisar qué tipo de respuesta pretende obtenerse, cuales son los datos de entrada o factores relevantes, y para qué pretende usarse el modelo. Esta elección debe ser suficientemente simple como para permitir un tratamiento matemático asequible con los recursos disponibles. Esta fase requiere además identificar el mayor número de datos fidedignos, rotular y clasificar las incógnitas (variables independientes y dependientes) y establecer consideraciones, físicas, químicas, geométricas, etc. que representen adecuadamente el fenómeno en estudio.
- Formalización del modelo en la que se detallarán qué forma tienen los datos de entrada, qué tipo de herramienta matemática se usará,

como se adaptan a la información previa existente. También podría incluir la confección de algoritmos, ensamblaje de archivos informáticos, etc. En esta fase posiblemente se introduzcan también simplificaciones suficientes para que el problema matemático de modelización sea tratable computacionalmente.

➤ Comparación de resultados los resultados obtenidos como predicciones necesitan ser comparados con los hechos observados para ver si el modelo está prediciendo bien. Si los resultados no se ajustan bien, frecuentemente se vuelve a la fase 1.

Es importante mencionar que la inmensa mayoría de modelos matemáticos no son exactos y tienen un alto grado de idealización y simplificación, ya que una modelización muy exacta puede ser más complicada de tratar de una simplificación conveniente y, por tanto, menos útil.

El método, básicamente se centra en la implementación de algoritmos matemáticos para la resolución de problemas, planteados y analizados con las herramientas de diversos procesos matemáticos para llegar al fin deseado. Por tanto, la presente investigación se basa en el método matemático, ya que para las respuestas de las hipótesis, así como de los objetivos, se recurrirá a los métodos matemáticos adecuados, incluidos en los diversos procesos de análisis.

4.2.- Enfoque de la investigación.

“La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno” (Hernández y Cols., 2010; 4), por lo que es necesario identificar hacia donde se dirige la investigación o, en otras palabras, buscar el enfoque de la misma. Se han definido dos enfoques para la investigación, el cualitativo y el cuantitativo, los cuales presentan sus particularidades y diferencias uno del otro.

Tomando como base el enfoque cuantitativo, el cual es el utilizado en la investigación, se pretende describir a grandes rasgos el método mencionado, el cual usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

Para un análisis cuantitativo, se siguen una serie de pasos secuenciales que no pueden ser pasados por alto a lo largo de su ejecución, estos comienzan con generar una idea y plantear el problema de la misma, se revisa la literatura y desarrollo del marco teórico seguido de visualizar el alcance de estudio, se elaboran las hipótesis y se definen las variables para posteriormente desarrollar el diseño de la investigación, se define y selecciona la muestra para después recolectar los datos obtenidos y así, poder analizarlos con el fin de elaborar el reporte de resultados, el cual es el objetivo del método previamente descrito.

Debido a lo antes descrito, se llega a la conclusión de enfocar la investigación dentro del carácter cuantitativo, debido a que para responder la pregunta de

investigación, así como las hipótesis propuestas, se emplean métodos numéricos o matemáticos en los cuales se basará la investigación.

4.2.1.- Alcance de la investigación.

La presente investigación es considerada con un alcance descriptivo, debido a que de todos los tipos de investigación que se conocen, la exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa, es la que presenta los parámetros o condiciones del alcance mencionado anteriormente.

Siguiendo con lo dicho por Hernández y Cols. (2010), el alcance del estudio está relacionado con el método de investigación del mismo, el diseño, los procedimientos entre otras cosas variaran en los estudios si estos tienen enfoque exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo. En la práctica, es muy común encontrar estudios que puedan tener más de uno de los alcances, sin embargo, el estudio se centrará en su mayoría a uno de estos, los cuales se explicarán a continuación.

Los estudios exploratorios se utilizan de forma de preparar el terreno para investigaciones futuras, usualmente se utiliza este método para preceder un estudio de enfoque descriptivo, correlacional o explicativo.

Los estudios descriptivos en general preceden a las investigaciones correlacionales las cuales, a su vez, preceden a las investigaciones de enfoque explicativo que generan un amplio entendimiento y están bien estructurados. Como

se indicó anteriormente una investigación realizada en campo de un conocimiento más específico puede incluir diferentes alcances en las etapas de su desarrollo.

“Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes.” (Hernández y Cols., 2010; 79).

Cuando la revisión de literatura sobre el tema ha demostrado que sobre el tema existen solo guías no investigadas a fondo o ideas vagamente relacionadas con el problema del estudio, también se puede utilizar para indagar más a fondo sobre el problema y áreas desde un diferente enfoque.

Se puede tomar como ejemplo investigaciones cuyo fin es analizar fenómenos desconocidos y/o novedosos, como una enfermedad cuyo brote fue reciente o una catástrofe en algún lugar en el cual nunca se había visto.

Frecuentemente el investigador trata de describir fenómenos, situaciones, contextos y/o eventos, detallándolos y explicando cómo se manifiestan, para esto es que se realiza una investigación de alcance descriptivo.

“Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de las personas, de grupos, comunidades, procesos, objetivos o cualquier otros fenómeno que se someta a un análisis.”(Hernández y Cols., 2010; 79)

Una investigación de este tipo pretende medir o recoger información en conjunto o independiente sobre las variables del problema que se pretende investigar. Por tanto, la investigación se considera dentro del régimen descriptivo, debido a las características previamente mencionadas.

4.3.- Diseño de la investigación.

Existen diferentes tipos de diseño de una investigación entre los cuales se encuentran tres principales que son: experimental, no experimental y casi (o cuasi) experimental.

Para la presente investigación se utilizará el diseño no experimental debido a que no se manipularán las variables a estudiar sino que solo se observará cómo interactúan sin alteración alguna para posteriormente analizarlas.

“El diseño experimental podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables para ver su efecto sobre otras variables”. (Hernández y Cols., 2010; 149)

Lo que se hace en la investigación no experimental es observar algún fenómeno tal y como es en su estado natural sin alteración alguna, para posteriormente analizarlo y llegar a una conclusión de acuerdo a ello.

En un diseño experimental se construye una situación a la que son expuestas diferentes variables, para poder probarlas ante determinadas circunstancias para después evaluar los efectos provocados a dichas variables.

En cambio, en un estudio no experimental no se genera situación alguna, sino que se observa alguna ya existente, que no sea provocada por quien la realiza. En este tipo de estudio las variables simplemente ocurren y no es posible manipularlas, por lo que no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede tener una influencia sobre ellas, así lo argumenta Hernández y Cols. (2010).

Existen diversos criterios para catalogar una investigación no experimental, por lo que en el presente documento se considera la siguiente manera de clasificar dicha investigación: por su dimensión temporal o el número de momentos o puntos en el tiempo, en los cuales se recolectan datos.

En este caso el diseño apropiado (bajo enfoque experimental) es el transversal o transeccional, ya sea que su alcance inicial o final sea exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo. En otras ocasiones la investigación se concentra en estudiar cómo evolucionan las variables o las relaciones que existen entre ellas y, en su caso, también analizar los cambios a través del tiempo de un evento o situación, en situaciones como éstas el diseño apropiado (para un enfoque experimental) es el longitudinal. Es decir, los diseños no experimentales se pueden clasificar en transaccionales y longitudinales.

En los diseños de investigación transeccional se recolectan datos en un solo momento y tiempo único. El propósito de ésta es describir variables y analizar su comportamiento dado. Es como tomar una fotografía en un momento dado de un evento que sucede. A su vez los diseños transaccionales se dividen en tres: transaccionales, descriptivos, y correlacionales-causales.

De esta manera, se define que la presente investigación es de orden no experimental, debido a que no se presentan las características para que se considere una investigación experimental o casi experimental, de la misma forma que no se pretende hacer experimentos o pruebas para la búsqueda de resultados.

4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.

Para la recopilación, análisis y resolución de datos, es indispensable el uso de herramientas y programas que facilitan la correcta búsqueda de las respuestas que se buscan. Por tanto, a continuación se presentan algunas de estas herramientas con un breve contenido de su funcionalidad a lo largo de la investigación.

Excel: Esta herramienta es muy útil al momento de hacer tablas o cálculos cuyo proceso requiere conexión o relación de variables, por lo que el uso del mismo es vital al momento de realizar el análisis de datos para el cálculo de los elementos a revisar en la investigación.

Word: el programa ayuda a la redacción principal de la investigación, ya que es el programa principal para escribir toda la parte teórica y, de la misma manera, presentar de manera organizada los cálculos y análisis necesarios en la obtención de respuestas y resultados.

AutoCAD: Este software es indispensable para todo proyecto de ingeniería, debido a su multifuncionalidad y versatilidad al momento de hacer trazos, dibujos y planos, los cuales será necesario presentar a lo largo de esta investigación.

Estación total: Este instrumento es utilizado para hacer levantamientos topográficos, para lo cual se requerirá al momento de presentar el plano y la estructura del lugar donde se proyectaran los análisis propuestos en la presente investigación.

4.5.- Descripción del proceso de investigación.

En la localidad de Uruapan Mich., existe la problemática del mal uso y manejo tanto de las calles como de las avenidas de la ciudad, el cual se debe al mal manejo de los recursos destinados a dicho problema y no presenta soluciones en la mayoría de sus casos.

La presente investigación tiene como fin, elaborar una propuesta económica para la reparación de una calle en específico, previamente descrita en el capítulo 3, con el fin de ayudar en el proceso de mejoramiento de calles y avenidas de la localidad y, de la misma forma, beneficiar a todas las personas que manejan directa e indirectamente el uso de la calle descrita.

Para ello, se inició analizando las variables a investigar, en este caso las vías terrestres y el concreto, que serán la base teórica de la investigación. Posteriormente se plantean los objetivos y las preguntas de investigación, así como la hipótesis que buscara resolverse.

Se describe toda la teoría necesaria para que el lector conozca lo básico del tema y pueda juzgar adecuadamente el contenido. Esta información se ve reflejada en los capítulos 1 y 2 de la investigación. Una vez concretada la teoría, se analiza el entorno del lugar a analizar, obteniendo su localización, datos del lugar, etc.

Se anexa un capítulo de la metodología empleada, describiendo el tipo de investigación, el alcance de la misma, el método empleado, entre otros, con lo cual, una vez finalizado, se procede a los cálculos que presentaran una solución al problema a resolver. Con dichos resultados, se logran plantear conclusiones y dictar la solución buscada, la cual, es el objetivo de la investigación.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

En el presenta capítulo se analizarán los cálculos necesarios para la resolución del espesor de carpeta de concreto para la calle Atenas, los cuales incluyen planos de la topografía, mostrando secciones de la calle, vista en planta y perfil del terreno, así mismo, datos sobre el tráfico vehicular y de las carpetas con las que cuenta el proyecto.

5.1. Plano topográfico.

Para el cálculo y análisis del proyecto del re-encarpetamiento de la calle Atenas, es necesario considerar un panorama claro que brinde una idea sobre las características, perfiles y dimensiones de la calle a analizar. Por tanto es requerido un plano topográfico con dichos parámetros, el cual se muestra en el Anexo 2.

Dicho plano es una representación del terreno natural a una escala determinada, las cuales se presentan de tres maneras distintas; una vista en planta, la cual es una representación desde una vista aérea del sitio de estudio, una vista en perfil, la cual muestra el desnivel o cambio de pendiente del terreno, y una vista en secciones a cada 20 m, siendo esta un corte transversal de la planta. En la vista en planta, se muestra la longitud de la calle a analizar, la cual es de 318.68 m, de igual manera se presenta la vista de perfil, con secciones a cada 20 m. El perfil topográfico tiene una diferencia de 3 cm del punto más alto al más bajo.

Así mismo, se presenta una sección en corte del diseño del pavimento rígido terminado, mostrando los espesores de cada una de las carpetas con las cuales cuenta la propuesta de diseño.

5.2. Diseño de pavimento de concreto por el método AASTHO

El procedimiento de diseño normal es suponer un espesor de pavimento e iniciar a realizar tanteos, con el espesor supuesto calcular los ejes equivalentes y posteriormente evaluar todos los factores adicionales de diseño, si se cumple en equilibrio en la ecuación el espesor supuesto es resultado del problema, de lo contrario de debe de seguir haciendo tanteos.

Las variables de diseño de un pavimento rígido son:

- a) Espesor.
- b) Serviciabilidad
- c) Tránsito
- d) Transferencia de carga
- e) Propiedades del concreto
- f) Resistencia a la subrasante
- g) Drenaje
- h) Confiabilidad

5.2.1. Espesor.

El espesor del pavimento de concreto es la variable que se pretende determinar al realizar un diseño, el resultado del espesor se ve afectado por todas las demás variables que interviene en los cálculos.

5.2.2. Serviciabilidad.

La serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circulan en la vía, se mide en una escala del 0 al 5 en donde 0 (cero) significa una calificación para pavimento intransitable y 5 (cinco) para un pavimento excelente. La serviciabilidad es una medida subjetiva de la calificación del pavimento, sin embargo la tendencia es poder definirla con parámetros medibles.

Índice de servicio	Calificación
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Tabla 5.1 Serviciabilidad de los pavimentos

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, ASSTHO, 1993

El índice de serviciabilidad inicial (P_o) es la condición que tiene un pavimento inmediatamente después de la construcción del mismo, para su elección es necesario considerar los métodos de construcción, ya que de esto depende la calidad del pavimento.

Usando buenas técnicas de construcción, el pavimento de concreto puede tener una serviciabilidad $P_o = 4.7$ o 4.8 .

En la Figura 3.2 se puede observar que mientras mejor se construya inicialmente un pavimento, o bien, mientras mejor índice de serviciabilidad inicial tenga mayor será su vida útil.

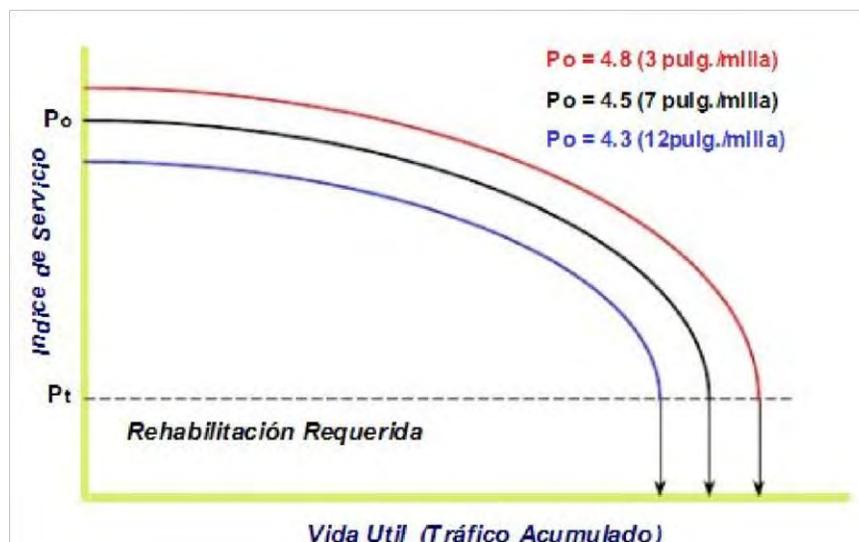


Figura 5.1 Comportamiento del pavimento de acuerdo al índice de serviciabilidad inicial (P_o).

Fuente: <http://www.iingen.unam.mx>

El índice de serviciabilidad final (Pt) tiene que ver con la calificación que esperamos tenga el pavimento al final de su vida útil, o bien, el valor más bajo que pueda ser admitido, antes de que sea necesario efectuar una rehabilitación, un refuerzo o la reconstrucción del pavimento.

Los valores recomendados de serviciabilidad final Pt para el caso de México se pueden observar en la Tabla 5.2.

Tipo de camino	Serviciabilidad final (Pt)
Autopistas	2.5
Carreteras	2.0
Zonas industriales	1.8
Pavimentos urbanos Principales	1.8
Pavimentos urbanos secundarios	1.5

Tabla 5.2. Valores de serviciabilidad final (Pt) en función del tipo de camino.

Fuente: <http://www.iingen.unam.mx>

La diferencia entre ambos índices es: $\Delta PSI = P_o - P_t$, que se define como pérdida de serviciabilidad.

5.2.3. Tránsito.

El tránsito es una de las variables más significativas del diseño del pavimento y, sin embargo, es una de las que más incertidumbre presenta al momento de

estimarse. Es importante hacer notar que debemos contar con la información más precisa posible del tráfico para el diseño, ya que de no ser así podríamos tener diseños inseguros o con un grado importante de sobre diseño.

La metodología AASHTO considera la vida útil de un pavimento relacionada al número de repeticiones de carga que podrá soportar el pavimento antes de llegar a las condiciones de servicio final predeterminadas para el camino. El método AASHTO utiliza en su formulación el número de repeticiones esperadas de carga de Ejes Equivalentes, es decir, que antes de entrar a las fórmulas de diseño, se debe transformar los Ejes de Pesos Normales de los vehículos que circulan por el camino, en Ejes Sencillos Equivalentes de 18 kips (8.2Ton) también conocidos como ESAL's.

Existen algunos factores que ayudan a determinar con precisión el tráfico que circula en el carril de diseño, estos factores se muestran en la tabla siguiente:

Número de carriles en una dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 82kN en el carril de diseño
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

Tabla 5.3 Porcentaje de ejes equivalentes

Fuente: <http://www.iingen.unam.mx>

AASTHO diseña los pavimentos por fatiga. La fatiga se entiende como el número de repeticiones o ciclos de carga y descarga que actúan sobre un elemento. En realidad al establecer una vida útil de diseño, lo que estamos haciendo es tratar de estimar, en un periodo de tiempo, el número de repeticiones de carga a las que estará sometido el pavimento.

La vida útil mínima con la que se debe diseñar un pavimento rígido es de 20 años, es común realizar diseños para 30, 40 o más de 50 años. Otro factor que se toma en cuenta es la tasa de crecimiento anual, que depende del desarrollo económico – social, de la capacidad de la vía, tipo de vehículo que pueden ser más de un tipo que de otro. Es conveniente prever este crecimiento del tráfico, tomando en consideración una tasa de crecimiento anual con la que se calcula un factor de crecimiento de tráfico.

Es importante investigar adecuadamente la tasa de crecimiento apropiada para el caso en particular que se esté considerando. A continuación se presentan algunos valores típicos de tasas de crecimiento, sin embargo estos pueden variar según el caso.

Caso	Tasa de crecimiento
Crecimiento normal	1% a 3%
Vías completamente saturadas	0% a 1%
Con tráfico inducido*	4% a 5%
Alto crecimiento*	mayor al 5%

* Solamente durante 3 a 5 años

Tabla 5.4. Valores comunes de tasa de crecimiento.

Fuente: <http://www.iingen.unam.mx>

El Factor de Crecimiento del Tráfico considera los años de vida útil más un número de años adicionales debidos al crecimiento propio de la vía.

$$FCT = \frac{(1 + g)^n - 1}{g}$$

Donde:

g = tasa de crecimiento

n= años de vida útil

5.2.4. Transferencia de carga.

También se conoce como coeficiente de transmisión de carga (J) y es la capacidad que tiene una losa del pavimento de transmitir las fuerzas cortantes con sus losas adyacentes, con el objetivo de minimizar las deformaciones y los esfuerzos

en la estructura del pavimento. Mientras mejor sea la transferencia de cargas, mejor será el comportamiento de las losas del pavimento.

La efectividad de la transferencia de carga entre las losas adyacentes depende de varios factores:

- Cantidad de tráfico
- Utilización de pasajuntas
- Soporte lateral de las losas

La utilización de pasajuntas es la manera más conveniente de lograr la efectividad en la transferencia de cargas, por lo que se recomienda su utilización cuando:

- El tráfico pesado sea mayor al 25% del tráfico total.
- El número de ejes equivalentes de diseño sea mayor de 5.0 millones de ESAL's.

Esta transferencia de cargas se realiza a través de los extremos de las losas (juntas o grietas) y su valor depende del tipo de pavimento, del tipo de borde u hombro y de la colocación de los elementos de transmisión de carga.

En la siguiente tabla se muestran los valores del coeficiente de transmisión de carga en función de estos parámetros:

Tipo de pavimento	Hombro Elementos de transmisión de carga Concreto hidráulico	
	Si	no
No reforzado o armado con juntas	2.5 - 3.2	3.6 - 4.2
Armado continuo	2.3 - 2.9	-

Tabla 5.5. Valores de coeficiente de transmisión de carga J.

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, ASSTHO, 1993

El coeficiente de transmisión de carga considera el esfuerzo de transferencia a través de la junta o grieta como se observa en las siguientes figuras.

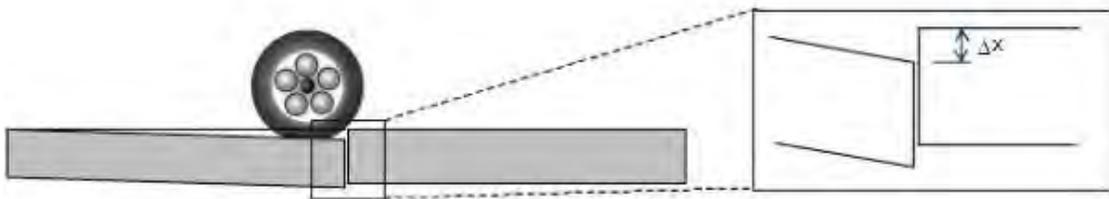


Figura 5.2. Junta 0% efectiva. La carga la soporta una sola losa.

Fuente: <http://www.iingen.unam.mx>

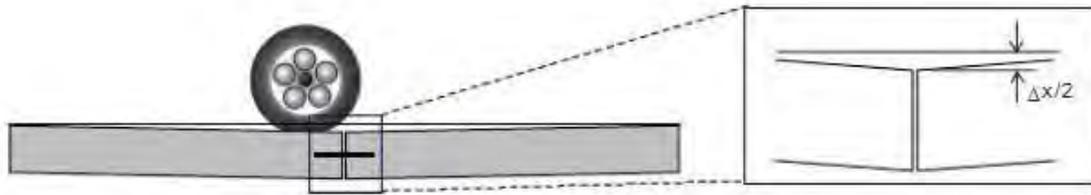


Figura 5.3. Junta 100% efectiva. La carga la soportan entre las dos losas.

Fuente: <http://www.iingen.unam.mx>

5.2.5. Propiedades del concreto.

Son dos las propiedades del concreto que influyen en el diseño y en su comportamiento a lo largo de su vida útil.

- Resistencia a la tensión por flexión o Módulo de Ruptura (MR)
- Módulo de elasticidad del concreto (E_c).

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera resistencia del concreto trabajando a flexión, que se conoce como resistencia a la flexión por tensión ($S'c$) o Módulo de ruptura (MR) normalmente especificada a los 28 días.

Tipo de pavimento	MR recomendado kg/cm ² psi	
Autopistas	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas industriales	45.0	640.1
Urbanas principales	45.0	640.1
Urbanas secundarias	42.0	597.4

Tabla 5.6. Módulo de ruptura.

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, ASSTHO, 1993

El módulo de elasticidad del concreto (E_c) está relacionado con su módulo de ruptura y se determina mediante la norma ASTM C469. En su defecto correlacionarlo con otras características del material como puede ser su resistencia a la compresión (f'_c). Esto es:

$$E_c = 21000\sqrt{f'_c}$$

5.2.6. Resistencia a la subrasante.

La resistencia a la subrasante se obtiene mediante el módulo de reacción del suelo (K) por medio de la prueba de placa. El módulo de reacción del suelo corresponde a la capacidad portante que tiene el terreno natural en donde se soportará el cuerpo del pavimento. El valor del módulo de reacción se puede obtener directamente del terreno mediante la prueba de placa ASTM D1195 Y D1196. El

resultado de la prueba indica la característica de resistencia que implica la elasticidad del suelo. Esto es igual al coeficiente del esfuerzo aplicado por una placa entre las deformaciones correspondientes, producida por este esfuerzo.

Dado que la prueba de placa es tardada y cara, el valor de k , es usualmente estimado por correlación a una prueba simple, tal como la Relación de Soporte de California (CBR) también conocida como Valor Relativo de Soporte (VRS). El resultado es válido ya que no se requiere una determinación exacta del valor de k ; las variaciones normales de un valor estimado no afectan apreciablemente los requerimientos del espesor del pavimento.

Cuando se diseña un pavimento es probable que tenga diferentes valores de k a lo largo del tramo por diseñar, por lo que se recomienda utilizar el valor promedio de los módulos k para el diseño. Si no se cuenta con información geotécnica del sitio, la Tabla 5.6 proporciona órdenes de magnitud en los módulos de reacción de las capas de apoyo.

Para utilizar alguno de los valores establecidos en la tabla siguiente, propuestos por la guía para diseño y construcción de pavimentos rígidos, se realizó un estudio de mecánica de suelos realizado cerca de la localización de la obra de investigación, el cual se puede verificar con más detalle en el anexo 1. El estudio muestra valores en porcentaje del VRS para el estrato de estudio, así como una calidad del suelo al que pertenece, en este caso considerando un suelo tipo 3, el cual engloba estratos de arena limosa, y material fino, aparentemente limo, definiéndolo como un suelo con soporte alto para cargas en vialidades.

El estudio muestra que el suelo soporta una capacidad de carga de 15 kg/cm², la cual transformada a libras sobre pulgada cuadrada (PSI), se obtiene un valor de 213.35 PCI, el cual se ubica dentro de un rango similar al propuesto de acuerdo al tipo de suelo para el estudio.

TIPOS DE SUELO	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE K (PCI)
Suelo de grano fino en el cual el tamaño de las partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arena con gravas, con una cantidad considerable de limo y arcilla	Medio	130 – 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 – 220
Subbase tratada con cemento	Muy alto	250 - 400

Tabla 5.7 Tipos de suelo de subrasante y valores aproximados de *k*.

Fuente: Guía para diseño y construcción de pavimentos rígidos, 1993

5.2.7. Drenaje.

En cualquier tipo de pavimento, el drenaje es un factor importante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil y por lo tanto en el diseño del mismo. Se puede evaluar mediante el coeficiente de drenaje (*C_d*) el cual depende de:

- Calidad del drenaje.

Viene determinado por el tiempo que tarda el agua infiltrada en ser evacuada de la estructura del pavimento

- Exposición a la saturación.

Porcentaje de tiempo durante el año en que un pavimento está expuesto a niveles de humedad que se aproximan a la saturación. Este valor depende de la precipitación media anual y de las condiciones del drenaje. Para el caso se definen varias condiciones del drenaje:

Calidad de drenaje	Tiempo en que tarde el agua en ser evacuada
Excelente	El suelo libera el 50% de agua en 2 horas
Bueno	El suelo libera el 50% de agua en 1 día
Mediano	El suelo libera el 50% de agua libre en 7 días
Malo	El suelo libera el 50% de agua libre en 1 mes
Muy malo	El agua no evacua

Tabla 5.8 Calidad del drenaje.

Fuente: Guía para diseño y construcción de pavimentos rígidos, ASSTHO, 1993

Combinando todas las variables que interviene para llegar a determinar el coeficiente de drenaje C_d , se llega a los valores de la siguiente Tabla:

Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	más del 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Mala	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Tabla 5.9 Valores para el Coeficiente de drenaje Cd

Fuente: Guía para diseño y construcción de pavimentos rígidos, ASSTHO, 1993

Es importante evitar que exista presencia de agua, dado que en caso de presentarse afectará en gran medida a la respuesta estructural del pavimento. El agua atrapada puede producir efectos nocivos como:

- Reducción de la resistencia de materiales granulares.
- Reducción de la resistencia de la subrasante.
- Expulsión de finos.
- Levantamientos diferenciales de suelos expansivos.
- Expansión por congelamiento del suelo.

5.2.8. Confiabilidad.

Los factores estadísticos que influyen en el comportamiento de los pavimentos son:

- Confiabilidad R
- Desviación estándar

La confiabilidad está definida como la probabilidad de que el sistema de pavimento se comporte de manera satisfactoria durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. Otra manera de interpretar este concepto sería aquella que la probabilidad de que los problemas de deformación y resistencia estén por debajo de los permisibles durante la vida de diseño del pavimento.

La confiabilidad recomendado para México se muestra a continuación:

Tipo de pavimento	Confiabilidad R
Autopistas	95%
Carreteras	80%
Rurales	70%
Zonas Industriales	65%
Urbanas Principales	60%
Urbanas Secundarias	50%

Tabla 5.10 Confiabilidad recomendado en México

Fuente: Guía para diseño y construcción de pavimentos rígidos, ASSTHO, 1993

La confiabilidad puede relacionarse con un Factor de Seguridad y va asociada con la desviación estándar (S_o) o también llamado error estándar. Este último representa el número de ejes que puede soportar el pavimento hasta que su índice de serviciabilidad descienda por debajo de un determinado índice de servicio final (Pt). La desviación estándar (S_o) relacionada con la confiabilidad (R) se muestra a continuación:

Desviación estándar (So)	Confiabilidad (R)					
	50%	60%	70%	80%	90%	95%
0.30	1.00	1.19	1.44	1.79	2.42	3.12
0.35	1.00	1.23	1.53	1.97	2.81	3.76
0.39	1.00	1.26	1.60	2.13	3.16	4.38
0.40	1.00	1.26	1.62	2.17	3.26	4.55

Tabla 5.11 Desviación estándar y confiabilidad.

Fuente: Guía para diseño y construcción de pavimentos rígidos, ASSTHO, 1993

5.2.9. Diseño del Pavimento.

El desarrollo del problema se realizará a partir de los siguientes datos utilizando el método AASTHO:

- Módulo de reacción del suelo (K) = 200 *PCI*

Obtenido desde el rango de valores sugeridos para K de acuerdo con la guía de diseño de pavimentos.

- Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del concreto E_c

$$E_c = 21000\sqrt{f'c}$$

$$E_c = 21000\sqrt{300} = 3.6 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{3.6 \times 10^5 \text{ kg}}{\text{cm}^2} \left(\frac{2.2046 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} \right) \left(\frac{1 \text{ cm}^2}{0.155 \text{ pulg}^2} \right) = 51.20 \times 10^5 \text{ lb/pulg}^2 = 5 \times 10^6 \text{ psi}$$

- Módulo de ruptura MR o $S'c = 597.4 \text{ psi}$
- Coeficiente de transmisión de carga $J = 2.5$

Pavimento de concreto en masa con pasadores en las juntas y acotamientos de concreto.

- Coeficiente de drenaje $Cd = 1.10$

Corresponde a un drenaje de calidad buena y un 5% a 25% de porcentaje de tiempo en el que la estructura está expuesta a niveles próximos a la saturación.

- Desviación estándar $So = 0.30$
- Índice de serviciabilidad inicial $Po = 4.0$
- Índice de serviciabilidad final $Po = 1.5$

$$\Delta PSI = 4.0 - 1.5 = 2.5$$

Para obtener el peso total que el pavimento debe resistir, se debe calcular la cantidad de vehículos que transitan por la calle a analizar y, posteriormente, transformarlo a un número de ejes equivalentes para obtener la carga buscada, para lo cual se realizó un aforo vehicular en la calle Atenas, obteniendo los resultados siguientes. El número total de ejes equivalentes se obtiene a partir del resultado del aforo del tránsito vehicular, el cual se realizó el día jueves 10 de septiembre del 2016, en el transcurso de las 8:00 am hasta las 9:00 pm.

TIPO DE VEHÍCULOS	PORCENTAJE	VPD
A	86	160
A ₁	11	20
B	0	0
C ₂	3	5
C ₃	0	0
T ₂ – S ₂	0	0
T ₃ – S ₂	0	0

Tabla 5.12. Aforo Vehicular

Fuente: Propia

El volumen de tránsito diario promedio anual (TDPA) se convierte en tránsito equivalente de ejes sencillos de 8.2 ton, mediante la aplicación de los coeficientes de daño por tránsito por vehículos típicos. Se considerará tránsito en ambas direcciones.

5.2.10. Determinación del tránsito equivalente.

Para transformar el tránsito mezclado al correspondiente tránsito equivalente a ejes sencillos de 8.2 ton, referido al carril de diseño y considerando que los vehículos transitan en ambas direcciones se explica a continuación:

El coeficiente de distribución es del 50%.

TIPO DE VEHÍCULOS	TDPA DOS DIRECCIONES	NÚMERO DE VEHÍCULOS CARRIL DE DISEÑO	COEFICIENTE DE DAÑO	NÚM. DE EJES EQUIVALENTES
A	160	80	0.0046	0.368
A ₁	20	10	0.536	5.36
B	0	-	-	-
C ₂	5	2.5	2.0	5.0
C ₃	0	-	-	-
T ₂ - S ₂	0	-	-	-
T ₃ - S ₂	0	-	-	-
			TOTALES (T ₀) =	10.728

Tabla 5.13. Cálculo de número de ejes equivalentes.

Fuente: Propia

De la Tabla 5.13, el número de vehículos del carril de diseño (columna 3) se obtiene multiplicando el TDPA (columna 2) por el coeficiente de distribución de 50% el cual fue seleccionado en función del número de carriles (2 en este caso).

El coeficiente de distribución se obtiene según la siguiente tabla y de acuerdo al número de carriles que se esté diseñando.

NÚMERO DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	COEFICIENTE DE DISTRIBUCIÓN PARA EL CARRIL DEL PROYECTO
2	50%
4	40 – 50%
6 o más	30 – 40%

Tabla 5.14. Coeficiente de distribución.

Fuente: Instituto de Ingeniería

Regresando a la Tabla 5.13, el número de ejes equivalentes (columna 5) para cada renglón se determina multiplicando el número de vehículos del carril de diseño (columna 3) por el coeficiente de daño (columna 4) que se obtiene a partir de la tabla 5.15. En dicha tabla, se debe considerar la suma de los coeficientes de daño bajo carga máxima más desfavorables, en este caso los de $z=0$.

La suma de estos resultados parciales se tiene al final de la columna 5. Cada una de estas sumas representa el tránsito equivalente en ejes simples de 8.2 ton, referido a un canal de diseño y a un día medio del año.



Conjunto	Peso, en ton		$p_v, \text{kg/cm}^2$	$+d_m = \text{Coeficiente daño bajo carga máxima}$				$d_v = \text{Coeficiente de daño vacío}$				
	+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	
Camino A,B,C	1 ^a	1,0	0,8	2,0	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
	2 ^a	1,0	0,8	2,0	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
Σ	2,0	1,6			0,004	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

- * EJE SENCILLO
- ** EJE TANDEM
- *** EJE TRIPLE

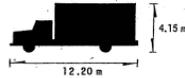


A2 Camión ligero, con capacidad de carga hasta de 3 ton

Conjunto	Peso, en ton		$p_v, \text{kg/cm}^2$	$+d_m = \text{Coeficiente daño bajo carga máxima}$				$d_v = \text{Coeficiente de daño vacío}$				
	+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	
Camino A,B,C	1 ^a	1,7	1,3	4,6	0,268	0,003	0,030	0,000	0,268	0,031	0,000	0,000
	2 ^a	3,8	1,2	4,6	0,268	0,061	0,023	0,015	0,268	0,031	0,000	0,000
Σ	5,5	2,5			0,536	0,064	0,023	0,015	0,536	0,032	0,000	0,000

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

- * EJE SENCILLO
- ** EJE TANDEM
- *** EJE TRIPLE



C2 Camión de dos ejes

Conjunto	Peso, en ton		$p_v, \text{kg/cm}^2$	$+d_m = \text{Coeficiente daño bajo carga máxima}$				$d_v = \text{Coeficiente de daño vacío}$				
	+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	
Camino A	1 ^a	5,5	3,5	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,079	0,019	0,010
	2 ^a	10,0	3,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,044	0,009	0,004
	Σ	15,5	6,5			2,000	1,890	2,457	2,939	2,000	0,123	0,028
Camino B	1 ^a	5,0	3,0	5,8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,044	0,009	0,004
	2 ^a	9,0	3,0	5,8	1,000	1,234	1,483	1,630	1,000	0,044	0,009	0,004
	Σ	14,0	6,0			2,000	1,495	1,589	1,701	2,000	0,088	0,018
Camino C	1 ^a	4,0	2,5	5,8	1,000	0,126	0,036	0,021	1,000	0,022	0,008	0,002
	2 ^a	8,0	2,5	5,8	1,000	0,944	0,900	0,878	1,000	0,022	0,003	0,002
	Σ	12,0	5,0			2,000	1,070	0,936	0,899	2,000	0,044	0,006

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

- * EJE SENCILLO
- ** EJE TANDEM
- *** EJE TRIPLE

Tabla 5.15. Coeficiente de daño por tránsito para vehículos

Fuente: Instituto de Ingeniería

5.2.11. Cálculo del tránsito equivalente acumulado.

El tránsito acumulado de ejes equivalentes de 8.2 ton durante un periodo de n años de servicio se calcula mediante el empleo de la siguiente ecuación:

$$\Sigma In = C' \times T_o$$

Donde:

ΣIn = tránsito acumulado durante n años de servicio y tasa de crecimiento r , en ejes equivalentes de 8.2 ton.

T_o = tránsito medio diario en el primer año de servicio para el carril de diseño, en ejes equivalentes de 8.2 ton.

C' = coeficiente de acumulación de tránsito para n años de servicio y una tasa de crecimiento anual r , que se puede obtener mediante la ecuación siguiente:

$$C' = 365 \left[\frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right]$$

Considerando un periodo de diseño para 20 años y una tasa de crecimiento anual de 3% se determina el coeficiente de acumulación de tránsito:

$$C' = 365 \left[\frac{(1 + 0.03)^{20} - 1}{0.03} \right]$$

$$C' = 9807.69$$

Por lo tanto:

$$\Sigma In = 10.728 \times 9807.69 = \mathbf{105\ 216.86}$$

Es decir; que el número total de ejes equivalentes de 18kips (8.2ton) es de 105216.86.

En la siguiente tabla se concentran los datos calculados de las diferentes variables para poder entrar al nomograma y obtener el espesor de la losa.

NOMBRE DE LA VARIABLE	VARIABLE (UNIDADES)	VALOR DE LA VARIABLE
Módulo de reacción del suelo	K = PCI	213.35
Módulo de elasticidad del concreto	$E_c = \text{PSI}$	5×10^6
Módulo de ruptura	MR = PSI	597.4
Coefficiente de transferencia de carga	J = Adim.	2.5
Coefficiente de drenaje	$C_d = \text{Adim.}$	1.10
Pérdida de serviciabilidad	$\Delta\text{PSI} = \text{Adim.}$	2.5
Confiability	R = %	50
Desviación estándar	$S_o = \text{Adim.}$	0.30
Carga equivalente	ESAL's = kip 10^6	105216.86

Tabla 5.16. Variables para el nomograma.

Fuente: Propia

Con los datos de la tabla anterior se puede hacer la relación de valores dentro del nomograma para el cálculo del espesor de un pavimento rígido, comenzando con el módulo de reacción del suelo, se entra en el nomograma con un valor de 213.35 hasta intersectar con la curva del módulo de elasticidad del concreto, en este caso

5×10^6 PSI, posteriormente se alinea con el módulo de rotura del concreto formando una recta angulada que debe continuarse siguiendo hacia el valor del coeficiente de carga, y después con el coeficiente de drenaje repitiendo este procedimiento de rectas anguladas, hasta llegar a una *línea de empalme*, en la cual deberá continuarse hacia la pérdida de serviciabilidad para así continuar la recta a través de la tabla de espesores de diseño; por otra parte, para la segunda recta, la cual debe intersectar con la antes mencionada, se empieza a partir de la confiabilidad del proyecto trazando la línea hacia la regla de la desviación estándar previamente obtenida, para de ese punto angular con la carga equivalente en su respectiva regla indicada en el nomograma; a partir de este punto la recta número dos entra a la tabla de espesores e intersecta con la primera, el punto donde ocurre este cruce de líneas, es el espesor que debe tener la losa de concreto, expresado en pulgadas.

El procedimiento anterior está expresado de manera gráfica como se muestra en el nomograma de la AASHTO para obtener el espesor de concreto requerido para el proyecto de la calle Atenas, considerando los valores obtenidos a lo largo del estudio. Dicho gráfico se observa a continuación en la Figura 5.4.

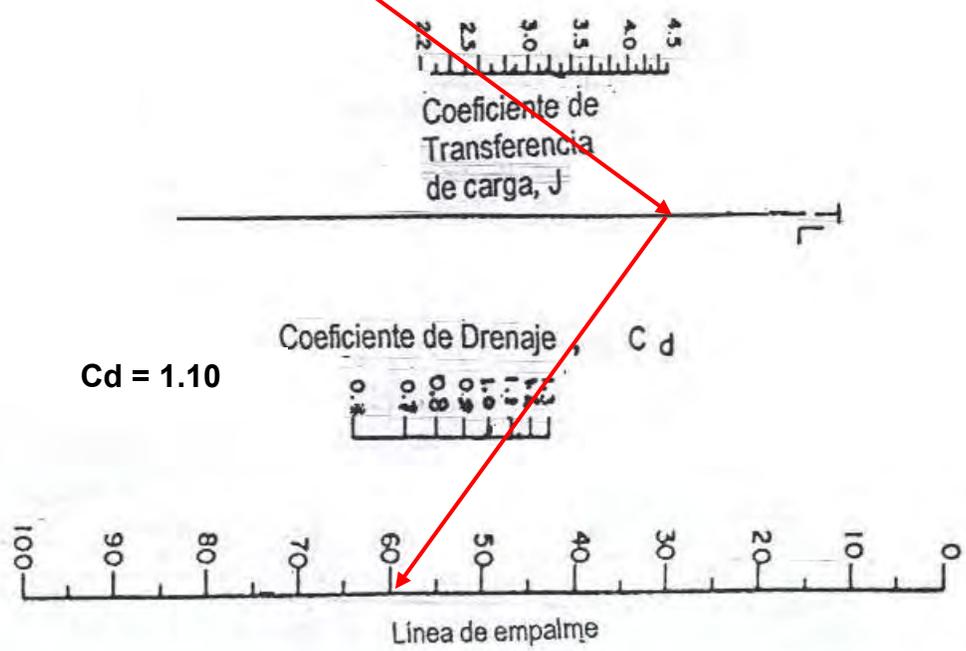
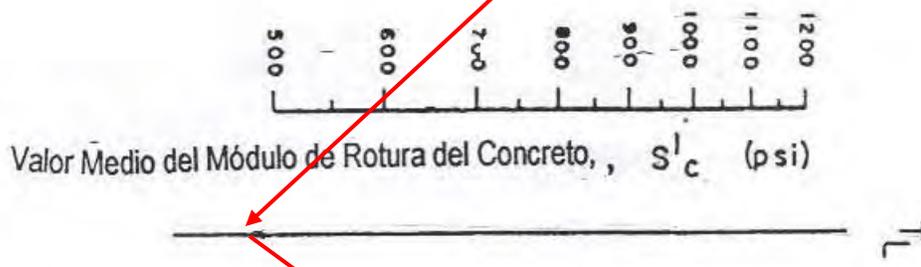
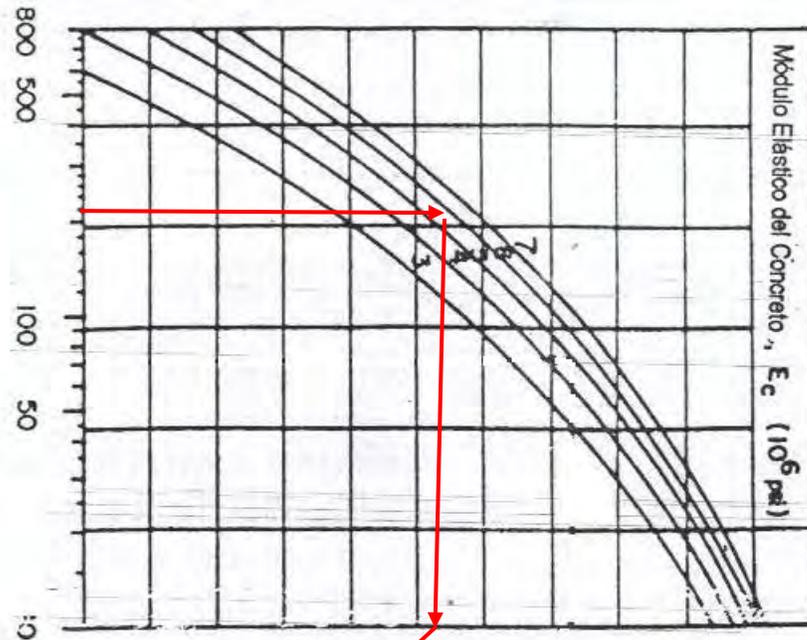
K=213.35 PCI

Ec= 5x10⁶

S[']c = 597.4 PSI

J = 2.5

Cd = 1.10



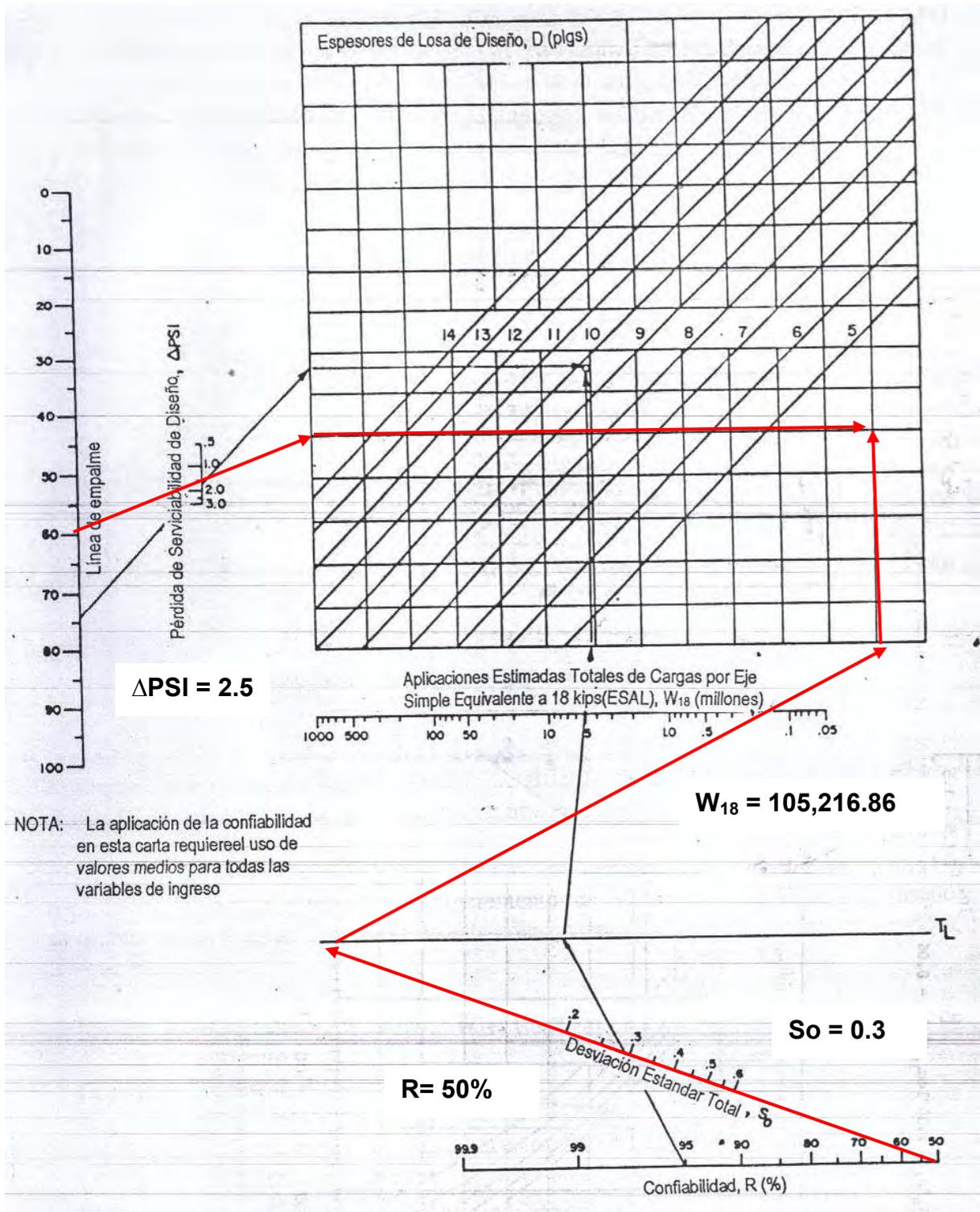


Figura 5.4. Nomograma para cálculo de pavimento rígido

Fuente: Instituto de Ingeniería

De acuerdo con el resultado obtenido en el nomograma (5 pulg), por norma es considerado un mínimo de carpeta de concreto de 15 cm de espesor para resistir los esfuerzos de las cargas a las que el pavimento estará sometido y, de esta manera, cumplir con lo estipulado tanto en las normas de la SCT como el método de diseño de pavimentos mencionado por el sistema AASHTO.

5.3. Base y Subbase.

Al analizar el diseño de un pavimento rígido, es necesario contemplar las carpetas adyacentes que llevara la estructura, por tanto, es congruente realizar una revisión de la base del pavimento, así como de la subbase del mismo, en caso de ser requerida.

La subbase es una carpeta de material granular la cual cumple una cuestión de economía, ya que ahorra dinero al poder transformar un cierto espesor de la capa de base a un espesor equivalente de material de subbase (no siempre se emplea en el pavimento), impide que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad y evitar que el pavimento sea absorbido por la subrasante. Deberá transmitir en forma adecuada los esfuerzos a las terracerías.

Por otra parte, la base es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro

tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

Dentro de los pavimentos rígidos no se le ha dado mucha importancia al estudio de la subbase, ya que la losa es capaz de absorber la mayor parte de los esfuerzos producidos por el tránsito: debido a esto, no se ha estudiado a profundidad el diseño de espesores de la subbase.

Por esta razón, existen una serie de recomendaciones acerca del espesor de la subbase, tales como que el espesor no deberá ser menor a 10 cm, y quizás 15 cm. Como mínimo sería lo mejor debido a posibles irregularidades durante su construcción. En condiciones normales, el espesor no debe exceder 20 cm. Estos parámetros son empleados tanto en el diseño de pavimentos rígidos por el sistema AASHTO así como para el PCA (Asociación de Cementos Portland).

De acuerdo con la tabla 5.17 de espesores para base, se observa que para un tránsito en ejes equivalentes de 105,216.86 se debe considerar una base de 4", es decir aproximadamente 10 cm de espesor, sin embargo, por cuestiones de seguridad al no implementar el uso de subbase, y con lo que respeta el reglamento de construcción del estado de Michoacán, se respetará una base de 6" de espesor, es decir de 15 cm para el proyecto a analizar.

Tránsito (ESAL's) En Ejes Equivalentes	Carpeta de Concreto Asfáltico	Bases
Menos de 50,000	1,0 ó T.S.	4,0
50,001 – 150,000	2,0	4,0
150,001 – 500,000	2,5	4,0

500,001 – 2'000,000	3,0	6,0
2'000,001 – 7'000,000	3,5	6,0
Mayor de 7'000,000	4,0	6,0

T.S. = Tratamiento superficial

Tabla 5.17. Espesores mínimos de carpeta y base granular, en pulgadas, en función de los ejes equivalentes

Fuente: Guía para diseño y construcción de pavimentos rígidos, ASSTHO, 1993

Por tanto, para el proyecto del pavimento a analizar de la calle Atenas, se propone no utilizar una subbase de acuerdo con las normas establecidas con anterioridad, debido a la cantidad escasa de vehículos que transitan por dicha calle, sin embargo, compensando la carencia de subbase, utilizar una capa de base de material granular de 15 cm de espesor.

De acuerdo con los resultados obtenidos por medio de los cálculos efectuados en el presente capítulo, se llegan a ciertas conclusiones, tales como utilizar una base de 15 cm de acuerdo con las normas establecidas. Por otra parte, tomando en cuenta los diversos factores que intervienen en el diseño de pavimentos rígidos de acuerdo con el método AASHTO, tránsito promedio diario anual (TPDA), módulo de reacción del suelo, coeficiente de drenaje, confiabilidad, módulo de ruptura, entre otros, se establecen los parámetros para entrar en el nomograma y obtener un espesor de carpeta de 15 cm utilizando concreto con una resistencia $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$.

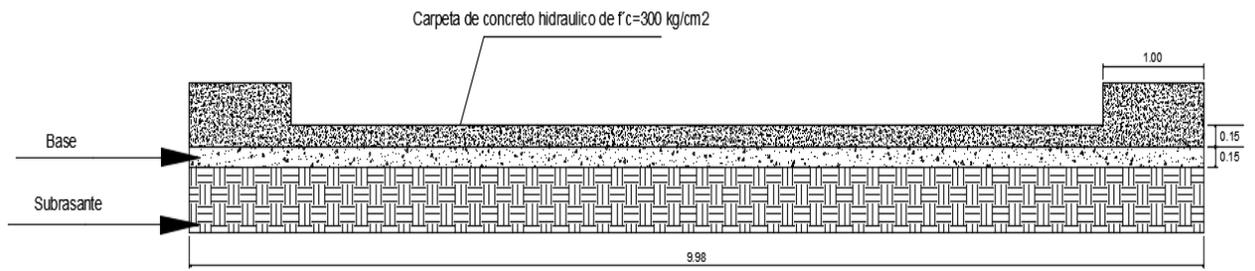


Figura 5.5. Espesores finales de la carpeta y base para la calle Atenas

Fuente: Propia

CONCLUSIONES

Con toda la información recopilada con el fin de cumplir el objetivo principal de esta investigación, es preciso concluir que se cumple con dicho objetivo, el cual consistía en Proponer un re-encarpetamiento de pavimento rígido o concreto para la calle Atenas de la ciudad de Uruapan Mich. Contemplando el proceso constructivo que se llevará a cabo, así como los materiales que incluya el proyecto. Dicho objetivo es cumplido gracias a la información obtenida de acuerdo a aforos, mediciones, cálculos, etc., con lo cual se obtiene un espesor de la carpeta de concreto, la cual en este caso es de 15 cm incluyendo una base del mismo espesor (15 cm).

Con respecto a los objetivos particulares de la investigación, se tiene primeramente el definir camino o vía terrestre, el cual de acuerdo con los datos obtenidos es el conjunto de materiales, que, formando capas, resisten las cargas que se transmiten por medio del tránsito y que son capaces de resistir lo suficiente para lo cual han sido diseñadas.

Por otra parte, se pretende mencionar los tipos de caminos que se presentan en la actualidad, los cuales se dividen en 3 clasificaciones; la primera de acuerdo a su transitabilidad, dentro de las cuales se encuentran terracerías, caminos revestidos y pavimentos, en seguida se encuentra la clasificación administrativa, la cual involucra caminos federales, estatales, vecinales y de cuota, y por último, la clasificación técnica oficial, la cual resume los caminos en tipo especial, A, B y C.

Así mismo, se encuentra necesario calcular el espesor del pavimento para la propuesta antes mencionada, el cual, una vez entrando con los datos al nomograma del AASHTO, se obtiene un espesor de 15 cm de pavimento rígido de concreto.

A su vez, se incluye el mencionar la definición de concreto, la cual es la mezcla de aglomerante, constituido por cemento, agua, agregados pétreos y, en ocasiones, aditivos para complementar las características de dicha mezcla.

De igual manera se deben señalar la definición del cemento Portland, refiriéndose a él como un producto comercial de fácil adquisición, el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra, u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar y endurecer en virtud de que experimenta una reacción química con dicha agua, es por esto que se le denomina cemento hidráulico.

Por último, se deben mencionar las especificaciones del concreto que se utilizará para el proyecto de la calle, el cual, de acuerdo a la propuesta mencionada en los cálculos, se señala un concreto hidráulico con un $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, con TMA entre 10 y 20 mm y una colocación recomendada por sistema de bombeo o por colocación directa.

De la misma forma con la que se presentan los objetivos realizados, para la presente investigación enfocada a resolver la problemática que presenta la calle Atenas de la localidad, se realizaran tanto estudios como cálculos que conduzcan a la solución del problema ya mencionado, claro está que para cada tipo de problema existen diversas soluciones y procedimientos que se pueden llevar a cabo para llegar

a una solución óptima o aceptable, con las cuales se pretende resolver las preguntas propuestas para la investigación.

Así mismo, de acuerdo a la pregunta de investigación planteada al principio del mismo, la cual consiste en resolver ¿Cuál sería una propuesta de re-encarpetamiento para la calle de Atenas? primeramente se resuelve llegando a la conclusión de utilizar una carpeta de concreto hidráulico de 15 cm de espesor con un concreto de $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, de la misma manera, ¿Por qué optar por un pavimento rígido?, mencionando que la ventaja sobre una carpeta de concreto a una de asfalto es el hecho de requerir menos mantenimiento a lo largo de su vida útil, sin mencionar que el desgaste se presenta de manera diferente y más favorable para este tipo de calle, sin embargo presenta un costo inicial más elevado a diferencia de las carpetas asfálticas.

Como ya se ha mencionado, y como respuesta a ¿Cuál deberá ser la capacidad que el concreto resista?, el concreto a utilizar será de 300 kg/cm^2 , con la dosificación adecuada para este tipo de concretos, y colocado de modo directo o con bombeo. Con toda la información recopilada a lo largo de la presente investigación se logran responder a las preguntas planteadas al inicio, permitiendo cumplir con el objetivo principal de la investigación.

Por último, dentro de las conclusiones, cabe señalar los hallazgos más importantes que se encuentran a lo largo de la investigación; principalmente la información acerca del cálculo de pavimentos, tanto rígidos como flexibles, es un tema de suma importancia para un ingeniero civil, el cual no es visto a lo largo de la

carrera y sin embargo cabe destacar que es necesario su entendimiento en el campo laboral del sector de las vías terrestres.

De igual manera, algunos datos dentro del tema del concreto son relevantes, tales como los detalles sobre el cemento Portland, la resistencia del concreto, la durabilidad, entre otros. La información obtenida del AASHTO, incluyendo tablas y el nomograma para el cálculo del espesor del pavimento rígido, igualmente son hallazgos que valen la pena ser destacados en la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍAS

American Concrete Institute. (1969)

Aditivos para el concreto

Ed. IMCYC, México.

Cal, Rafael. (1994)

Ingeniería de tránsito

Ed. Alfaomega. México.

CRESPO. (1996)

Vías de comunicación

Ed. Limusa. México.

Díaz Gómez, Raúl. (1967)

El concreto

Ed. IMCYC. México.

G. Nawy, Eduard. (1988)

Concreto reforzado

Ed. Prentice hall. México.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2010)

Metodología de la investigación.

Ed. Mc Graw Hill. México.

Neville, A. M. y Brooks, J. J. (1998)

Tecnología del concreto

Ed. Trillas. México.

Olivera Bustamante, Fernando. (2009)

Estructuración de vías terrestres

Ed. Patria. México.

Ortiz Fernández, Álvaro. (1986)

Control de calidad del concreto

Ed. Fundec AC. México.

Plazola Cisneros, Alfredo. (1996)

Enciclopedia de la arquitectura vol. 3

Ed. Noriega. México.

Rico Rodríguez, Alfonso. (1994)

La ingeniería de suelos en las vías terrestres

Ed. Limusa. México.

S. Merritt, Frederick, Kent Loftin, M., T. Ricketts, Jonathan. (2008)

Manual del Ingeniero Civil Tomo 1

Ed. McGrawHill. México.

S. Merritt, Frederick, Kent Loftin, M., T. Ricketts, Jonathan. (2008)

Manual del Ingeniero Civil Tomo 2

Ed. McGrawHill. México.

Salazar Rodríguez, Aurelio. (1998)
Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos
Ed. IMCYC. México.

Tamayo y Tamayo, Mario. (2000)
El proceso de la investigación científica.
Ed. Limusa. México.

Vargas Vargas, William Ernesto. (2012)
Ingeniería de Transito
Ed. Univ. Distrital Fco. José de Caldas. Bogotá.

OTRAS FUENTES

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

<http://lema.rae.es/drae/srv/search?id=87nJdqjXDXX2C8g3MWN>

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A6%20Dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos%20R%C3%ADgidos.pdf?sequence=6>

Google Earth

ANEXOS

Uruapan, Michoacán a 09 de Junio del 2016

A QUIEN CORRESPONDA

PRESENTE:

Asunto: **Informe Geotécnico.**

Por medio del presente oficio, no sin antes enviar un cordial y afectuoso saludo, me permito entregar el informe Geotécnico, en su división en la Mecánica de Suelos, solicitado por usted con el objetivo de sustento en la elaboración de la Tesis que tiene por nombre "PROPUESTA DE RE-ENCARPETAMIENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO PARA LA CALLE ATENAS", ubicada en el Municipio de Uruapan, Michoacán.

El documento presentado contiene los trabajos de campo y de gabinete, las recomendaciones y conclusiones del presente informe técnico; también fotografías del sitio, así como anexos de las pruebas elaboradas al material extraído en el pozo a cielo abierto (PCA), a continuación se muestra el orden en que está integrado el mencionado informe:

- 1.- Introducción.
- 2.- Objetivo del estudio.
- 3.- Localización, ubicación y estratigrafía del sitio en estudio.
- 4.- Pruebas mecánicas.
- 5.- Concentrado de resultados.

De esta manera comunicamos que IGAC es compromiso directa del Ing. Alan Daniel Maldonado Ramos, con número de cédula profesional 7776718 y registro ante Hacienda RFC: MARA-890819-9E9 y domicilio fiscal en Calle Azucena No. 72 Col. Jardines del Pedregal 2da. Sección en la ciudad de Uruapan, Michoacán.

Sin otro particular, quedo a sus órdenes para cualquier duda o aclaración al respecto.

Atentamente

I.C. ALAN DANIEL MALDONADO RAMOS
REPRESENTANTE LEGAL.

1.- INTRODUCCIÓN.

El día 9 de Junio del presente año se realizó el trabajo para la realización de la tesis que lleva por nombre “PROPUESTA DE RE-ENCARPETAMIENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO PARA LA CALLE ATENAS”; la vialidad en estudio se llama Atenas, ubicada en la Col. La Joyita en esta ciudad de Uruapan, en el estado de Michoacán. Estando ya en el sitio, se estableció la zona concreta para la realización de este estudio, se efectuó un Pozo a Cielo Abierto (PCA) o sondeo, del cual se extrajeron las muestras necesarias para el estudio Geotécnico y la revisión de la estratigrafía.

2.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.

Se tiene como objetivo principal, dentro del estudio de Geotecnia, conocer la estratigrafía del predio así como determinar las propiedades mecánicas del suelo.

Una vez obtenidas las propiedades anteriormente mencionadas, utilizarlas en el cálculo y diseño de pavimento rígido requerida para el tipo de obra.

3.- LOCALIZACIÓN, UBICACIÓN Y ESTRATIGRAFÍA DEL SITIO EN ESTUDIO.

La obra en estudio como ya se mencionó es la elaboración de una Propuesta de Re-encarpetamiento de concreto hidráulico para la calle Atenas de la Colonia La Joyita. En la imagen 1 se muestra la ubicación de la ciudad de Uruapan, Michoacán.



Imagen.1. MACROLOCALIZACIÓN DEL SITIO DE LOS TRABAJOS



Imagen.2. MICROLOCALIZACIÓN DEL SITIO DE LOS TRABAJOS

La ubicación del sondeo o pozo a cielo abierto (PCA), se realizó tomando en cuenta la zona dentro de la calle donde se tiene proyectada la propuesta de re-encarpetamiento con concreto hidráulico. Imagen 2.

ESTRATIGRAFÍA DEL SITIO

La estratigrafía es la rama de la Geología que trata del estudio e interpretación, así como de la identificación, descripción y secuencia tanto vertical como horizontal de las rocas estratificadas. Nos orienta acerca de la historia geológica de la zona, permitiendo esto predecir su comportamiento futuro; otro aspecto que nos permite conocer la estratigrafía es si el suelo en estudio ha sufrido modificaciones o mejoramientos de tipo artificial con el paso del tiempo.



N.C. 0,00

Esp. 0.05

N. -0,05

Esp. 0.60

N. -0,65

Carpeta: Capa de material de Asfalto, con una consistencia dura, presenta un espesor promedio de 0,05 m.

Estrato 1: Capa de material fino de tipo limoso, de color café oscuro, el cual presenta una consistencia de suave a media y un espesor promedio de 0,65 m.

Fin de la exploración a 0,65 m.

NO SE ENCONTRÓ EL NIVEL FREÁTICO A ESTA PROFUNDIDAD.

4.- PRUEBAS MECÁNICAS.

Como proyecto para la obtención de las propiedades mecánicas del suelo donde se pretende realizar la re-encarpetamiento de la vialidad, y en base al tipo de suelo encontrado, se ha decidido realizar la siguiente prueba de laboratorio.

PROPIEDADES MECÁNICAS.

- **Valor Relativo Soporte (VRS):** permite determinar la expansión (EXP) originada por saturación de los materiales para terraplén, subyacente y subrasante, así como el Valor Soporte de California en especímenes compactados dinámicamente, para verificar que cumplan con lo indicado en las Normas N-CTM-1-01, Materiales para Terraplén.

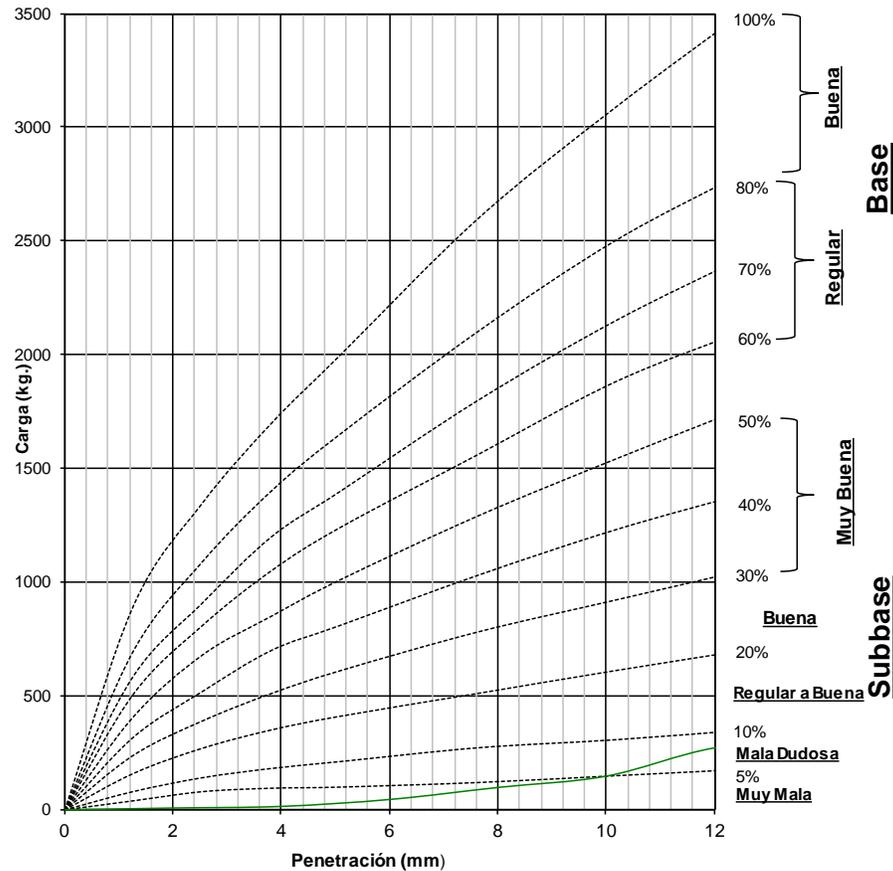
Las pruebas realizadas están fundamentadas en los procedimientos marcados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes "SCT" y en el Manual de Pruebas Geotécnicas del "IMTA" Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua" estas dependencias son las que norman los procedimientos para Estudios Geotécnicos con las más altas normas de calidad.

5.- CONCENTRADO DE RESULTADOS.

PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE Y EXPANSIÓN

Obra:	PROPUESTA DE RE-ENCARPETAMIENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO PARA LA CALLE ATENAS EN LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACÁN.		
No. Ensaye:	112	Sondeo No.:	1
Muestra No.:	1	Prof. (m):	0.6
Operador:	Cervantes	Calculista:	Martínez
		Material para:	Terreno Natural
		Fecha:	10.Junio.2016

PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



INFORMACIÓN

# Lectura	Def. (mm)	Lectura. (mm.)	Carga (kg.)
1	0.00	0.000	0.00
2	2.00	50.000	8.00
3	4.00	100.000	15.00
4	6.00	150.000	45.00
5	8.00	200.000	97.00
6	10.00	300.000	146.00
7	12.00	400.000	268.00
8	14.00	500.000	302.00

VALOR RELATIVO DE SOPORTE

VRS (%) 2a lectura	1.10
--------------------	-------------

EXPANSIÓN

# Molde	ALTURAS		Expansión (%)
	Inicial	Final	
1	7.6	7.3	2.02
	7.6	7.1	3.93
	7.6	6.92	4.13

Como se ve en las gráficas anteriores, de la prueba de Valor Relativo de Soporte y Expansión, la cual corresponde al estrato uno, el Valor Relativo de Soporte nos da un % en su segunda lectura de 1.10, siendo este una carga de 15 kg/cm².

Sin más por agregar, quedo al pendiente por cualquier duda o comentario al respecto, deseándole éxito en su obra.

A T E N T A M E N T E.

Uruapan, Michoacán. 14 de Junio del 2016.

ELABORÓ:

APROBÓ:

ING. OLIVIA VIANNEY MARTINEZ NAJAR
Cédula Profesional 9649740
JEFE DE LABORATORIO

ING. ALAN DANIEL MALDONADO RAMOS
Cédula Profesional 7776718
REPRESENTANTE LEGAL

