UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

*PROPUESTA DE REHABILITACIÓN PARA LA CARRETERA **AGUASCALIENTES – ZACATECAS** EN EL TRAMO: **AGUASCALIENTES – RINCÓN DE ROMOS** EN LOS KM 10+400 AL KM 16+000.*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

JOEL BECERRA GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JOSÉ PAULO MEJORADA MOTA

Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México, 2018.

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

PARA MIS PAPÁS:

JOEL Y ERNESTINA.

Por forjarme, educarme y ser de mí la persona que soy, les doy gracias por todo su apoyo durante estos años en los que vieron por mí para salir adelante, que costó tantos sacrificios y esfuerzos para darme la mejor herencia, ahora me toca ver por ustedes, esperando que se sientan orgullosos, ya que este logro también es suyo.

PARA MIS HERMANOS:

JOSÉ ANTONIO Y ANABEL ARIANA.

Les agradezco por estar conmigo en varios momentos de mi vida, recibiendo su apoyo, a pesar de todas las discusiones que hemos tenido, ustedes han sido unas de las principales personas que me ayudaron a conseguir este logro.

PARA:

STEPHANY CANO:

Porque no han sido pocos los años que hemos pasado juntos, por el apoyo mutuo que nos brindamos a diario, espero que esta sea uno de los primeros logros que realizamos, pues nuestra superación siempre ha sido una meta desde que nos conocimos.

PARA:

ING. VÍCTOR MANUEL MINO GÓMEZ.

Por brindarme apoyo, confianza y la oportunidad de crecimiento que he tenido junto a usted, teniendo en cuenta que no existe una cantidad de agradecimiento por todas las facilidades que me presto para la realización de este trabajo, siempre estaré en deuda con usted espero que esta sea una manera de expresarle mi respeto y admiración.

Contenido

INTRODUCCIÓN..... 1
CAPÍTULO I 2
ESTRUCTURA DE UNA CARRETERA..... 3
Definición de carretera: 3
Clasificación Técnica Oficial...... 3
- **Carretera tipo ET (Eje Troncal):** 3
- **Carretera tipo A:**..... 4
- **Carretera tipo B:**..... 4
- **Carretera tipo C:**..... 4
- **Carretera tipo D:**..... 4

Clasificación Administrativa...... 5
- **Red Federal de Carreteras:** 5
- **Red Estatal de Carreteras:** 5
- **Red de Caminos Rurales:**..... 5

Carretera compuesta de una carpeta flexible:..... 6
- **Terraplén:** 6
- **Subyacente:** 6
- **Subrasante:**..... 6
- **Sub-base:** 7
- **Base:** 7
- **Carpeta:**..... 7

Tipos de falla en carpeta asfáltica. 9
- Grietas tipo Mapa:..... 9
- Grietas Transversales: 9
- Grietas Longitudinales: 10
- Desprendimiento del agregado: 10
- Piel de cocodrilo: 11

CAPÍTULO II 12
ANTEPROYECTO. 12
Especificaciones de calidad material producto fresado: 12
Especificaciones de calidad producto llevado de banco: 13
Especificaciones de formación de base asfáltica:..... 14

Especificaciones de emulsión asfáltica: 14
Petrolizadora: 16
Barredoras: 16
Especificaciones de agregado grueso: 16
Especificaciones de calidad agregado fino: 17
Especificaciones de calidad cemento asfáltico: 18
Especificaciones de granulometría: 20
Especificaciones de compactación: 21
Especificaciones de ejecución: 22
Especificaciones de calidad del señalamiento: 23
Presupuesto. 24
CAPÍTULO III. 26
ESTUDIOS PARA LA ELABORACIÓN DE ALTERNATIVAS 26
- Datos generales: 26
- **Clima:** 27
- **Estudio Hidrológico.** 27
- **Topografía.** 29
- **Perfil Estratigráfico.** 30
- **Zonas Inestables.** 32
- **Estudio de Transito.** 33
CAPÍTULO IV. 38

SELECCIÓN DE ALTERNATIVA PARA REHABILITACIÓN. 38
Alternativas de Rehabilitación. 38
Datos para análisis de alternativas: 39
Análisis de alternativas con DISPAV5: 42
Diseño de cada una de las alternativas: 43
Costo de cada una de las propuestas: 45
Selección de alternativa: 47
Conclusiones. 48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 50

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se aborda el proceso de un proyecto de rehabilitación en una carretera federal, estableciendo sus componentes, así como elementos necesarios para su ejecución, desde trabajos mínimos hasta llegar a los que requieren de una mayor complejidad, tratando de adentrar al lector a una de las áreas de aplicación de la ingeniería civil que son las vías terrestres, en específico, construcción, reparación y/o rehabilitación de una carretera.

Se establece la importancia de desarrollar un trabajo que contenga las características de la rehabilitación de una carretera, dando prioridad a los factores que se creen necesarios para una mayor eficiencia desde la revisión de las condiciones actuales del tramo hasta llegar a la realización estudios técnicos, la conformación del costo por cada uno de los conceptos de trabajo necesarios, con el objetivo de llegar al análisis con apoyo de DISPAV5 de cada una de las propuestas y así poder revisar su comportamiento e igualmente su eficiencia.

El propósito principal es analizar los pasos necesarios para la rehabilitación de las carreteras federales en México, presentando el siguiente capitulado:

Capítulo I Estructuración de una carretera, inicia con definiciones generales que serán de utilidad para la comprensión de capítulos posteriores, tales como carretera, carpeta asfáltica, tocando puntos como sus clasificaciones, estructura, los elementos que las conforman y tipos de falla, que son elementos necesarios para la conformación de un proyecto de rehabilitación dando paso al capítulo II.

El capítulo II forma parte de la primera etapa del proyecto de rehabilitación titulado: Anteproyecto, en el cual se tiene información referente a las especificaciones de proyecto, de las cuales tiene relación con el costo del mismo, información complementaria a la acción del siguiente capítulo que son estudios técnicos.

Con la finalidad de fundamentar los estudios, se presenta el Capítulo III necesario para la realización del Anteproyecto tales como: tránsito, topografía del sitio, bancos de materiales e hidrológicos, que aportan variables que justifican la composición de cada una de las propuestas de rehabilitación.

Finalmente, el capítulo IV selecciona la alternativa que cumple con las condiciones de trabajabilidad (bajo costo y soporte de esfuerzos de transito), tomada a partir de los resultados arrojados por los estudios de campo.

CAPÍTULO I

ESTRUCTURA DE UNA CARRETERA.

El presente capítulo aborda cuestiones técnicas y conceptos generales que sirva de apoyo a capítulos posteriores, donde se pueda retomar algunos de los conceptos o definiciones que se tendrán sobre la conformación de una carretera que son:

- Definición de una carretera.
- Clasificación de carreteras.
- Componentes de una carretera.
- Fallas de pavimentos.

Definición de carretera:

Carretera se define como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que cumple con condiciones de ancho, alineamiento y pendiente que permitir el rodamiento de vehículos de manera eficiente. Becerra García, A (2012). COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM127+500 (Tesis inédita de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México.

Dentro de la definición antes mencionada, se da el acercamiento a lo que son las clasificaciones de los diferentes tipos de carreteras, que les van a asignar características únicas. Se debe tomar en cuenta que las clasificaciones que aparecen en libros, revistas o informes técnicos, son correctas, para el caso de este trabajo se consideran completas en su definición las que a continuación se presentan:

Clasificación Técnica Oficial.

(SCT, APÉNDICE PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS CAMINOS Y PUENTES A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO, 2008)

- **Carretera tipo ET (Eje Troncal):** Forma parte de ejes de transporte que establece la secretaria, cuyas características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y

peso, así como de otros que por interés general autoricé la secretaria y que su tránsito se confié a este tipo de caminos.

- **Carretera tipo A:** Por sus características geométricas y estructurales permite la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso excepto aquellos vehículos que por sus dimensiones y peso solo se permitan en carreteras tipo ET (Eje Troncal).

Tendrá una variación en los aforos los cuales van a depender de la cantidad de carriles con los que contara la vía.

Carretera A2 consta de un aforo promedio de 3000 a 5000 vehículos.

Carretera A4 cuenta con un aforo promedio de 5000 a 20,000 vehículos.

- **Carretera tipo B:** Conforma la red primaria y atendiendo a sus características geométricas y estructurales prestan un servicio de comunicación interestatal.

El aforo oscilara entre 1500 a 3000 vehículos.

- **Carretera tipo C:** Red secundaria, son carreteras que atendiendo a sus características prestan servicio dentro del ámbito estatal con longitudes medidas, estableciendo conexiones con la red primaria.

Las cuales constan un aforo aproximado de 500 a 1500 vehículos.

- **Carretera tipo D:** Red alimentadora, principalmente prestan servicio dentro del ámbito municipal con longitudes relativamente cortas estableciendo conexiones a la red secundaria.

Cuenta con un aforo promedio de 100 a 500 vehículos.

Atendiendo sus características geométricas se tipifican en:

Tipo de carretera.	Nomenclatura.
Carretera de cuatro carriles, Eje de transporte.	ET4
Carretera de dos carriles, Eje de transporte.	ET2
Carretera de cuatro carriles.	A4
Carretera de dos carriles.	A2
Carretera de cuatro carriles, Red primaria.	B4
Carretera de dos carriles, Red primaria.	B2
Carretera de dos carriles, Red secundaria.	C
Carretera de dos carriles, Red alimentadora.	D

TABLA II.1 NOMENCLATURAS EN TIPOS DE CARRETERAS.

La siguiente clasificación se brinda de acuerdo a la red que puede ser administrada con recursos de diferentes niveles de gobierno las cuales dan el mantenimiento necesario para su funcionamiento.

Clasificación Administrativa.

(SCT, Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2001- 2006, 2001.)

- **Red Federal de Carreteras:** Es atendida por su totalidad por el gobierno federal, registra la mayor parte de los desplazamientos de pasajeros y carga entre ciudades y canaliza los recorridos de largo itinerario, todos los relacionados con el comercio exterior y los producidos con los sectores más dinámicos de la economía nacional.
- **Red Estatal de Carreteras:** Tienen la función de gran relevancia para la comunicación regional, ya que puede enlazar zonas de producción agrícola, así como ganaderas, asegura la integración de extensas áreas en diversas regiones del país
- **Red de Caminos Rurales:** También conocidas como brechas mejoradas son vías modestas que generalmente no están pavimentadas, tienen un valor más social que económico, pues proporciona acceso a comunidades pequeñas que de otra manera estarían

aisladas. Sin embargo, su efecto en las actividades y calidad de vida de estas comunidades es de gran trascendencia

La relación entre los dos tipos de clasificaciones que se presentan muestra el nivel de su importancia, donde denota el objetivo específico de cada una y sus atribuciones únicas van a complementar el funcionamiento entre ellas.

Dando continuidad al tema y teniendo claras las definiciones anteriores, podemos entrar de lleno a responder la siguiente pregunta ¿Cómo se compone una carretera?

La composición es similar, en las cuales dependiendo de su clasificación se van desarrollar con elementos específicos de cada una, que dependerá directamente de los resultados obtenidos en el aforo, ya que se presentan casos en que se debe ampliar las secciones de las vías por incremento de aforo vehicular.

A continuación, se expone una descripción de la composición de las carreteras así mismo se menciona una breve definición de las capas que la componen:

Carretera compuesta de una carpeta flexible:

- **Terraplén:** Espacio que puede ser plano, formado de una terracería, donde se ha eliminado la materia orgánica del suelo y sustituido por el material de suelo no orgánico y compactado. (Chinchilla, 2017)
- **Subyacente:** Se construye bajo la subrasante y puede ser o no requerida, esto va a depender del número de ejes equivalentes de transito esperado durante la vida útil de pavimento, los materiales que la pueden llegar a constituir es suelo o fragmentos de roca productos de cortes o de la extracción de bancos.

  La SCT recomienda espesores mínimos para la construcción de esta capa, en función del número de ejes equivalentes.

  Si la intensidad del tránsito es de 1 millón a 10 millones de ejes equivalentes, esta capa deberá ser construida con espesor mínimo de 70 cm.

  Si la intensidad del tránsito es mayor a 10 millones de ejes equivalentes esta capa va a requerir de un diseño especial. (SCT, Caracteristicas de los materiales, 2002).
- **Subrasante:** Es una capa que otorga una respuesta estructural ya que tiene la capacidad de soportar o resistir la deformación por esfuerzo cortante bajos las cargas de

tránsito, teniendo en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad y los cambios de volúmenes que esto pueda representar, teniendo mayor peso si se presenta en suelos expansivos.

Se compone por suelo en estado natural, o suelo con algún proceso de mejoramiento ya sea por estabilización Mecánica, Fisicoquímico. (Alvarez, 2017) .

Sus características:

Espesor de la capa: 30 cm de mínimo.

Tamaño máximo: 7.5 cm (3 pulg).

Grado de compactación: 95% de PVSM.

Valor relativo de soporte: 15% mínimo.

Expansión máxima: 5%

- **Sub-base:** Absorbe deformaciones perjudiciales en la subrasante, por ejemplo, cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie de rodamiento, también actúa como un dren para desalojar el agua que se infiltre al pavimento con la finalidad de impedir la ascensión capilar hacia la base de agua procedente de la terracería.
- **Base:** La función es ser un elemento resistente que transmita a la sub-base y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada, también hasta cierto punto la base debe de drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento para impedir la ascensión capilar.
- **Carpeta:** Proporciona una superficie de rodamiento adecuada con textura y color convenientes y resistir los efectos abrasivos del tráfico, hasta donde le sea posible debe impedir el paso del agua al interior del pavimento. (Badillo, 2015).

Cada una de las definiciones abordadas en el desarrollo de este capítulo, son medios para la aplicación de propuestas de rehabilitación a la carretera **Aguascalientes-Zacatecas.** Donde cuenta con una estructura de pavimento flexible.

La mezcla asfáltica se compone de agregados pétreos, que provienen de depósitos naturales los cuales requieren de cribado o triturado para su uso y deben cumplir con las siguientes características:

- Granulometría: Sirve para determinar el porcentaje en peso de las partículas de diferentes tamaños que lo forman, utilizando mallas o tamices por las se pesan las partículas retenidas en cada una y se encuentra el porcentaje con respecto a peso seco total.
- Dureza: Para conocer este parámetro se aplican diferentes pruebas de desgaste a los agregados, consisten en colocar el material con una granulometría determinada, dentro de un cilindro de acero hueco junto con bolas de acero, el cilindro se hace girar un determinado número específico de veces y al final se ve la cantidad de partículas finas que se produjeron.
- Forma de la partícula: Permite conocer el porcentaje de partículas en forma de agujas (aciculares) o de laja que hay en el material, pues estas tienden a romperse con facilidad al recibir cargas y reducen la resistencia de los materiales

El cemento asfáltico, es el último residuo de la destilación del petróleo, que a temperaturas normales se encuentra en estado sólido, para poder mezclarse con los materiales pétreos debe calentarse a 140ºC para lograr obtener una mezcla entre estos elementos.

La relación con el contenido óptimo de asfalto, se interpreta como la cantidad de asfalto que forma una membrana alrededor de las partículas, el espesor suficiente para resistir los elementos del interperismo para lograr que el asfalto no se oxide con rapidez, tratando de no caer en el extremo de crear una membrana gruesa que lograr que la perdida de estabilidad o resistencia y no soporte las cargas de los vehículos.

Un elemento de importancia para la colocación del concreto asfaltico son las emulsiones asfálticas se fabrican a partir de la suspensión del cemento asfaltico en agua por medio de un emulsificante y un estabilizador, de acuerdo con el emulsificante usado se producen emulsiones aniónicas y catiónicas, la única diferencia entre estas es que las emulsiones catiónicas resisten mayores humedades en los pétreos, también son de fraguados rápido, medio o lento. Bustamante, I.F. (1986). Estructuración Vías Terrestres. México: Grupo Patria Cultural.

La formación del concreto asfáltico, generalmente se produce en planta con los elementos antes mencionados, esta mezcla debe llegar al sitio con una temperatura mayor a 120ºC y no menor a 90ºC, a la hora de su tendido y compactación.

A una temperatura menor a 90ºC se regresa a planta para volver a ser calentada, ya que es complicado llegar a su compactación óptima, esto representa que la carpeta llegue a presentar fallas.

Para empezar a hacer el desarrollo de las alternativas y antes de la realización de los estudios preliminares, se da paso a revisar fotografías de fallas tomadas en el tramo, haciendo una breve descripción de cada una de estas encontradas.

Tipos de falla en carpeta asfáltica.

- Grietas tipo Mapa: Desintegración de la carpeta de rodamiento, asemeja la división política de un mapa, se presenta cuando la calidad en algunas capas es deficiente, el asfalto tiene una estructura débil, presenta fatiga, el espesor de cada capa es mínimo.

FIG II.1 CARRIL DE BAJA CPO"A", SE OBSERVA LA PRESENCIA DE AGRIETAMIENTOS DEL TIPO MAPA EN EL KM.13+000.

- Grietas Transversales: Se presenta por la acción del tránsito, espesor insuficiente de la carpeta, contracción térmica o por las diferencias en juntas transversales.

FIG II.2 CARRIL DE ALTA, CPO "A" EN DONDE SE PUEDE APRECIAR AGRIETAMIENTOS TRANSVERSALES EN EL KM.14+990

- Grietas Longitudinales: Es paralelo al eje del camino, en la mayoría de los casos se localizan sobre el eje del camino, tiene factores que interviene en su aparición como son: deficiencias en juntas de construcción, asentamiento de capas por paso de tránsito, espesores insuficientes, contracción de materiales y asentamientos aislados en capas.

FIG II.3 CARRIL DE BAJA PRESENTA AGRIETAMIENTOS LONGITUDINALES EN EL KM 14+990

- Desprendimiento del agregado: Separación de agregados gruesos de la carpeta asfáltica, dejando huecos en la superficie de rodamiento se observa pequeñas depresiones en forma de cráter, provocado por escases de asfalto en la mezcla, expansión del agrado o la falta de afinidad con el asfalto.

FIG II.4 DESPRENDIMIENTO DE AGREGADO EN EL KM.15+000

- Piel de cocodrilo: Fisuras en la superficie de rodamiento, forman un patrón regular de polígonos hasta de 20 cm de amplitud, están interconectadas, se asemejan la piel de cocodrilo, los factores que intervienen son ineficiencia en la base, debilidad de la estructura de pavimento, fatiga, poco espesor de la carpeta y evolución de la falla tipo mapa.

FIG II. 5 CARRIL DE BAJA PRESENTA, AGRIETAMIENTOS TIPO COCODRILO EN EL KM14+990

Así al identificar los conceptos generales para el entendimiento y compresión de capítulos posteriores, en forma de distinguir los diversos factores que participan en las evaluaciones de la definición, composición, estructuración y fallas, para abrir paso a la conformación de especificaciones y/o procesos constructivos que lleven a la conformación de un prepuesto con el objetivo de hacer un trabajo de rehabilitación económico pero eficiente.

CAPÍTULO II

ANTEPROYECTO.

Se describe la parte del anteproyecto de “rehabilitación de la carretera Aguascalientes – Rincón de Romos”, mediante la conformación de especificaciones y procesos constructivos que aseguren la mayor eficiencia del trabajo a un menor costo.

Las obras comprenden el Rehabilitado del pavimento, mediante la recuperación de 20 cm. de la carpeta estructural existente, estabilizado con emulsión catiónica, donde se construye una carpeta de concreto asfaltico de 10 cm. de espesor, una granulometría densa de alto desempeño, diseñada mediante protocolo AMAAC.

Especificaciones de calidad material producto fresado:

Deberá verificarse que el material pétreo producto del fresado del pavimento existente, cumpla como mínimo con las siguientes especificaciones de calidad.

1. La composición granulométrica del material quedará comprendida entre las curvas mostradas norma de la SCT. El tamaño máximo nominal de las partículas será de 25 mm (1“).
2. Contracción lineal será menor de 2%
3. Desgaste en prueba “Los Ángeles” será menor de 30%.
4. Partículas que tengan forma alargada o de laja no excederán de 40% del total.
5. Equivalente de arena mínimo de 50%.
6. Respecto a la afinidad del material pétreo con el asfalto usado, cumplirá satisfactoriamente con dos de las tres siguientes especificaciones:

    6.1 Desprendimiento por fricción no excederá de 25%

    6.2 Cubrimiento con asfalto, determinado por el Método Inglés no será menor de 90%.

    6.3 La pérdida de estabilidad por inmersión en agua, no será mayor de 25%.

Especificaciones de calidad producto llevado de banco:

Así se establece los requerimientos mínimos de calidad para agregados llevados de bancos de materiales para la conformación de base asfáltica:

1. Contracción lineal será menor de 2%
2. Desgaste en prueba “Los Ángeles” será menor de 30%.
3. Partículas que tengan forma alargada o de laja no excederán de 40% del total.
4. Equivalente de arena será mayor de 50%.
5. El tamaño máximo nominal de las partículas será de 25.0 mm (1 “).

Los agregados empleados en la base asfáltica deberán cumplir con los requisitos granulométricos presentados en la siguiente tabla III.1:

Malla		Porcentaje que pasa	
Abertura mm	Designación	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
37.5	1½"	100	100
25	1"	90 – 100	90 - 100
19	¾"	76 – 100	76 - 100
9.5	⅜"	42 – 100	42 - 100
4.75	N°4	24 – 100	24 - 70
2	N°10	10 – 90	10 - 27
0.85	N°20	5 – 65	5 - 14
0.425	N°40	4 – 47	4 - 10
0.25	N°60	2 – 35	2 - 8
0.15	N°100	1 – 25	1 -7
0.075	N°200	0 – 15	0 - 6

TABLA III.1 REQUSITOS GRANULOMÉTRICOS PARA BASE

Para el caso de la forma de ejecución de la carpeta de rodamiento, esta va a depender de la selección de propuesta de rehabilitación que se crea mejor a partir de la realización de estudios pertinentes.

La forma de ejecución de la base asfáltica será una mezcla de **20** cm de espesor compactada al 95% de su PVSM determinado con la prueba Marshall. Deberá ser elaborada con emulsión asfáltica. Tendida con maquina tipo Finisher. Tanto los procedimientos constructivos como los materiales cumplirán con normas, especificaciones particulares y generales propuestas.

Especificaciones de formación de base asfáltica:

La formación y compactación de la base asfáltica se realizará conforme a lo señalado en las normas de construcción e instalación de la SCT, implementado los criterios mínimos de esta:

A. La descarga de los materiales que se utilicen en la construcción de la base deberá hacerse sobre la sub base en la forma y en los volúmenes por estación de veinte (20) metros.

B. La longitud máxima del tramo, para descargar materiales de base, será fijada por **la Dependencia**.

C. Los procedimientos de ejecución de la base, así como sus proporciona miento, serán fijados en el proyecto.

D. Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar el grado mínimo fijado en el proyecto.

Bajo este proceso se realiza, una secuencia de las características de cada una de las componentes de los materiales a emplearse en la ejecución de este trabajo, a continuación, tenemos que el riego de liga será una emulsión asfáltica de rompimiento rápido con una dosificación aproximada de 0.8 litros por metro cuadrado, con las variaciones que indique la Supervisión y/o la Dependencia.

Especificaciones de emulsión asfáltica:

Para el uso de las emulsiones se tendrán en cuenta las recomendaciones que mencione el fabricante, respecto al uso, almacenamiento, restricciones de la temperatura de aplicación y su dilución con agua para su óptima aplicación en el sitio.

Las emulsiones asfálticas de rompimiento rápido, deberán cumplir con la calidad que se indica en las normas **N.CMT.4.05.001/00 calidad** de materiales asfálticos observados en la tabla III.2

EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO ECR-65

De la emulsión:	
Contenido de cemento asfáltico en masa; %, mínimo	65
Viscosidad Saybolt-Furol a 25°C; s, mínimo	---
Viscosidad Saybolt-Furol a 50°C; s, mínimo	40
Asentamiento en 5 días; diferencia en %, máximo	5
Retenido en malla N° 20 en la prueba del tamiz; %, máx.	0.1
Pasa malla N° 20 y se retiene en malla N° 60 en la prueba del tamiz; %, máximo	0.25
Cubrimiento del agregado seco; %, mínimo	---
Cubrimiento del agregado húmedo; %, mínimo	---
Carga eléctrica de las partículas	(+)
Disolvente en volumen; %, máximo	3
Índice de ruptura; %	< 100
Del residuo de la destilación	
Viscosidad dinámica a 60°C; Pa·s (P [1])	50 ± 10 (500 ± 100)
Penetración[2] a 25°C, en 100_g y 5 s; 10^{-1} mm	110-250
Solubilidad; %, mínimo	97.5
Ductilidad a 25°C; cm, mínimo	40

[1] Poises

[2] En climas que alcancen temperaturas iguales o mayores de 40°C, la penetración en el residuo de la destilación de las emulsiones ECR-65, ECR-70, ECM-65 y ECL-65, en el proyecto se puede considerar de 50 a 90 × 10^{-1} mm.

TABLA III.2 REQUSITOS CALIDAD DE RIEGO LIGA

Petrolizadora:

Las petrolizadoras son capaces de mantener una temperatura constante, un flujo uniforme de material asfáltico sobre la superficie por cubrir, en anchos variables y en dosificaciones controladas; estar equipadas con odómetro, medidores de presión, dispositivos adecuados para la medición del volumen aplicado y termómetro para medir la temperatura del material asfáltico dentro del tanque; contar con una bomba y barras de circulación completas, que puedan ajustarse vertical y lateralmente.

En la parte de la ejecución el contratista, informará oportunamente de la ubicación de la productora de la Empresa de Emulsión, que se emplea para el riego de liga, es de fabricación controlada en planta.

Podrán emplearse emulsiones asfálticas de marca comercial registrada y acreditada, en cuyo caso se seguirán las indicaciones de uso del fabricante, referente con el almacenamiento, mezclado y aplicación.

Barredoras:

Las barredoras mecánicas que se utilicen para la limpieza de las superficies antes de la aplicación del riego de liga contaran con una escoba autopropulsada. No se dará tránsito por ningún motivo sobre la superficie ligada. Cuando por atraso de los trabajos se deteriore la superficie ligada, el contratista reparará por su cuenta la superficie antes mencionada.

Una referencia, en el diseño de mezclas asfálticas es el protocolo AMAAC por ello las presentes especificaciones, se apegan a este con designaciones PA-MA-01/2011 y PA-02/ Versión actualizada sobre diseño de mezcla.

La calidad de mezcla producida en planta, calidad en el tendido, compactado. Por tanto, el diseño y control de calidad de la mezcla se deben de ajustar a las especificaciones marcadas en dicho protocolo.

Los requisitos de calidad de materiales para diseño, consiste en que el material pétreo para esta mezcla pertenezca a más de un solo banco, se asegura que el material es homogéneo y su utilización deberá ser aprobada por la Dependencia.

Especificaciones de agregado grueso:

El agregado grueso, siendo un material pétreo retenido en la malla No. 4 será de un banco aprobado por la Dependencia, triturado totalmente a un tamaño máximo nominal de 19 mm (¾”),

cumpliendo con las especificaciones que se muestran en la Tabla III.3. Todas las pruebas se desarrollan por un laboratorio autorizado y reconocido previamente por la Dependencia.

Característica	**Norma**	**Especificación**
Desgaste Los Ángeles, %	ASTM C131-06	30 máx. (capas estructurales) 25 máx. (capas de rodadura)
Desgaste Microdeval, %	AASHTO T 327-99/ASTM D6928-10	18 máx. (capas estructurales) 15 máx. (capas de rodadura)
Intemperismo acelerado, %	AASHTO T 104-99 (2007)/ASTM C 88-05	15 máx. Para sulfato de sódio 20 máx. para sulfato de magnésio
Caras fracturadas, % (2 caras o más)	ASTM D 5821	90 mín.
Partículas alargadas, %	ASTM D 4791	5 a 1 %, 10 máx.
Partículas lajeadas, %	ASTM D 4791	5 a 1 %, 10 máx.
Adherencia con el asfalto, % de cubrimiento	Recomendación AMAAC RA-08/2010	90 mín.

TABLA III.3 REQUSITOS CALIDAD DE AGREGADO GRUESO.

Especificaciones de calidad agregado fino:

El agregado fino, es el material que pasa la malla No 4, cuando este pertenece a más de un banco, se asegura que el mezclado del material es homogéneo, su utilización deberá ser aprobada por la dependencia mediante pruebas desarrolladas por un laboratorio autorizado y reconocido por la misma. Detallando los requisitos en la Tabla III.4.

Característica	Norma	Especificación
Equivalente de arena,%	ASTM D 2419	50 min. (capas estructurales) 55 min. (capas de rodadura)
Angularidad, %	AASHTO T 304	40 mín.
Azul de metileno, mg/g	Recomendación AMAAC RA-05/2010	15 máx. (capas estructurales) 12 máx. (capas de rodadura)

TABLA III.4 REQUSITOS CALIDAD DE AGREGADO FINO.

Se define como Filler a la fracción de material que pasa el tamiz No. 200 (0.075 mm.), que se incorpora a la mezcla de manera complementaria, con el fin de cumplir con los requisitos granulométricos establecidos.

El Filler proviene de la trituración de agregado fino, se caracteriza por estar libre de aglomeraciones en estado seco, no cuenta con impurezas orgánicas, tiene un índice de plasticidad < 4, un valor de azul de metileno < 12.

Especificaciones de calidad cemento asfaltico:

El cemento asfaltico que se utilizara para carpeta asfáltica estructural, es de grado PG76-22 que cumple con los requisitos de calidad, indicados en la figura III.1 de la Norma N-CMT-4-05-004/08.

N-CMT-4-05-004/08

TABLA 2.- Requisitos de calidad para cementos asfálticos Grado PG

Grado de comportamiento	PG 64				PG 70				PG 76			PG 82			PG 88		
	-22	-28	-34	-40	-22	-28	-34	-40	-22	-28	-34	-22	-28	-34	-22	-28	-34
Temperatura máxima de diseño del pavimento (promedio de 7 días), °C	64				70				76			82			88		
Temperatura mínima de diseño del pavimento, °C	>-22	>-28	>-34	>-40	>-22	>-28	>-34	>-40	>-22	>-28	>-34	>-22	>-28	>-34	>-22	>-28	>-34
Asfalto original																	
Punto de inflamación Cleveland [1]; °C, min.	230																
Viscosidad dinámica a 135°C[1]; Pa·s ($P^{(2)}$), máximo	3																
Módulo reológico de corte dinámico (G*/sen δ) [1] [8]; kPa, mínimo	1																
• Temperatura de prueba @ 10 rad/s; °C	64				70				76			82			88		
Después de prueba de película delgada y aire de horno [1]																	
Pérdida por calentamiento; %, máximo	1																
Módulo reológico de corte dinámico (G*/sen δ) [1]; kPa, mínimo	2,2																
• Temperatura de prueba @ 10 rad/s; °C	64				70				76			82			88		
Después de envejecimiento en vasija de presión temperatura y aire																	
Temperatura de envejecimiento PAV; °C																	
• En climas normales	100				100				100			100			100		
• En climas desérticos	100				110				110			110			110		
Índice de endurecimiento físico [4], máximo	Reportar																
Rigidización (G* sen δ) [1]; kPa, máxima	5 000																
• Temperatura de prueba @ 10 rad/s; °C	25	22	19	16	28	25	22	19	31	28	25	34	31	28	34	31	28
Rigidez de Flexión $S(t)$ [1] [6]; MPa, máximo (m=0,3 min)	300																
• Temperatura de prueba @ 60 s, °C	-12	-18	-24	-30	-12	-18	-24	-30	-12	-18	-24	-12	-18	-24	-12	-18	-24

FIG III.1 REQUSITOS CALIDAD DE CEMENTO ASFÁLTICO.

El cemento asfáltico debera cumplir con todas las especificaciones mostradas en la tabla III.5.

Viscosidad rotacional Brookfield a 135°C: Pa s	4	Máximo
Penetración a 25°C, 100 G, 5S, (0.01 mm)	40	Mínimo
Penetración a 4 °C, 200G 60S; (0.01 mm)	25	Mínimo
Punto de inflamación Cleveland; °C.	230	Mínimo
Punto de reblandecimiento; °C.	55	Mínimo
Separación diferencia anillo y esfera; °C.	3	Máximo
Recuperación elástica por torsión a 25°C; %	35	Máximo
Resiliencia, a 25°C, %	20	Mínimo

TABLA III. 5 PARAMETROS DE ASFALTO.

El diseño de la mezcla se realiza en un laboratorio aprobado por la dependencia, conforme a lo establecido en el Protocolo de diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño de la Asociación Mexicana del Asfalto PA-MA 01/2011, considerando como mínimo Nivel 2 de diseño de mezclas.

El concreto asfáltico constituye un comportamiento de resistencia a esfuerzos de tensión (TSR) mínimo remanente de 80 % conforme a la recomendación del diseño. Las temperaturas de mezcla y compactación deberán ser las recomendadas por el proveedor del producto asfáltico conforme a la viscosidad rotacional generada.

Especificaciones de granulometría:

La granulometría de la mezcla asfáltica deberá apegarse a la norma PA-MA 01/2011, en el eje horizontal se graficará la abertura de la malla en mm elevada a la 0.45 potencia y en el eje vertical el por ciento que pasa, alojándose dentro de los puntos de control. La línea de Máxima densidad es una línea recta que se traza del tamaño máximo del agregado, del 100% de material que pasa al origen. Como lo muestra la Figura III.2

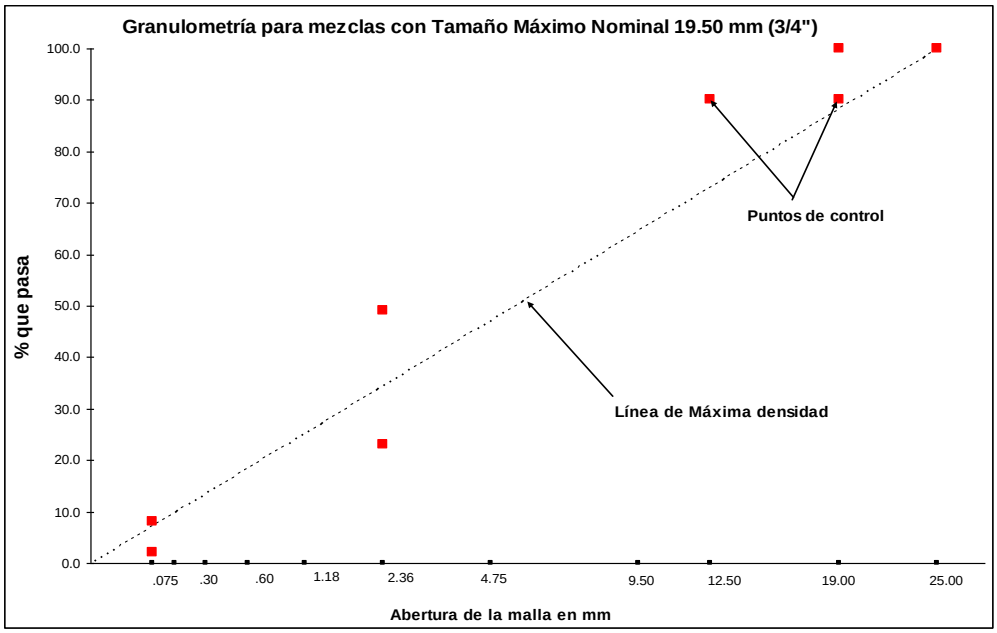


FIG III. 2 LÍMITES GRANULOMÉTRICOS SUPERPAVE PARA TAMAÑO NOMINAL (3/4).

La figura anterior ilustra a manera de ejemplo los límites establecidos para una mezcla con tamaño nominal de 19 mm (3/4). En casos diferentes se construye su gráfica correspondiente con respecto a la Figura III.

Abertura de la malla (mm)	% que pasa	
	Mín	Máx
50.00		
37.50		
25.00	100	
19.00	90	100
120.50		90
9.50		
4.75		
2.36	23	49
0.08	2	8

FIGURA III.3 CONTROL GRANULOMÉTRICO SUPERPAVE PARA TAMAÑO NOMINAL (3/4).

Especificaciones de compactación:

La compactación del material se realiza con el objetivo de reducir el volumen del aire dentro del material y tenga una mayor resistencia a las cargas, logrando que la relación esfuerzo-deformación sea conveniente durante la vida útil, para lograrlo se usa maquinaría especializada con la que contara el contratista, en la Tabla III.6 se exponen los parámetros de compactación, para la conformación de las estructuras.

ESALs de Diseño(millones)	**Parámetros de Compactación**		
	ini	N diseño	N máx.
3 a 30		100	160
≥ 30		125	205

TABLA III.6 ENERGÍA DE COMPACTACIÓN.

(ESALs es un eje estándar compuesto por un eje sencillo con dos ruedas en los extremos)

Especificaciones de ejecución:

En el proceso de la ejecución del tendido, no se permite la aplicación sobre superficie mojada, la superficie húmeda es aceptable, si se encuentra libre de agua estancada y si se espera condiciones ambientales favorables. La temperatura ambiente no deberá ser menor a 15°C, siendo tomada a la sombra y lejos de cualquier calor artificial.

Si las condiciones climáticas lo permiten se continúa con la realización de los trabajos, empieza con la colocación del riego de liga, posterior a esto se construye una capa de carpeta asfáltica, con el espesor y niveles indicados en las secciones de proyecto. Se utiliza para su tendido una expendedora de sistema electrónico, para el control de espesores, ésta garantiza una distribución y acomodo uniforme de la mezcla asfáltica, para dar las pendientes transversales y longitudinales de proyecto.

No se permite que camiones que transportan la mezcla asfáltica, hagan maniobras que puedan distorsionar, disgregar u ondular las orillas de una capa recién tendida. En el caso de que esta situación suceda, el contratista reparará inmediatamente los daños causados, por su cuenta y costo.

Si a juicio de la dependencia, la calidad de la mezcla asfáltica difiere de lo establecido en el proyecto, se suspende inmediatamente la producción, hasta que el contratista corrija por su cuenta y costo.

Una vez compactada la carpeta al 95% de su peso volumétrico, verificando sus índices de perfil, en su caso las correcciones hechas, se vuelven a nivelar las secciones, determinando elevaciones de los puntos para obtener las pendientes transversales entre ellos, se medirán en cada sección las distancias entre el eje y orillas de la corona, para verificar que estén dentro de las tolerancias que se indican en la tabla III. 8.

Características	Tolerancia
Ancho de la corona, del eje a la orilla	± 1 cm
Pendiente transversal	± 0,5%

TABLA III.8 TOLERANCIA PARA LÍNEAS Y PENDIENTES

Especificaciones de calidad del señalamiento:

La parte del señalamiento, se usa los siguientes materiales:

- **Placa:** Lámina galvanizada calibre 16, con ceja perimetral, de espesor de 1.52 mm, con peso aproximado de 12.2 Kg/m2. Se estipula en **"El Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras"**, Edición 1986. No se acepta en ningún caso placas que estén integradas por módulos o que la lámina no sea galvanizada.
- **Poste:** Será de PTR con dimensiones de 2" x 2" x ¼" y longitud de 2.60, 3.05 o 3.40 m. único o doble, dependiendo de las dimensiones de la placa y disposición de la misma. A 10 cm. de la parte inferior del poste, se construirá una cruceta con varillas de 20 cm. de longitud y 3/8" de diámetro, soldándola en su parte media a cada lado del ángulo del poste.
- **Orejas:** Estos elementos se hacen utilizando lámina galvanizada calibre 14, de figura trapezoidal, con dimensiones de 4 y 9 cm. en las bases y 6 cm. de altura, tiene una perforación ovalada al centro de 20 x 12 mm (3/4" x ½"), se fijan a la placa de la señal con soldaduras de electrodos de 2.28 mm de diámetro, clase E-6013.
- **Colores:** Se usan de acuerdo a patrones de color estipulados en el apéndice 4 de **"El Manual",** para la terminación de las señales.
- **Preventivas:** De color naranja reflejante con Scotchlite Grado Diamante, símbolos y caracteres por recorte de vinil Scotchcal Opaco negro. La película retro reflejante cumple, con los requisitos de calidad especificados en la norma N-**CMT-5-03-001/00 Calidad de películas retro reflejantes**.
- **Restrictivas:** Fondo en blanco reflejante con Scotchlite Grado Diamante; símbolos, letras y filete por recorte de Scotchlite Grado Diamante en color rojo reflejante, de vinil Scotchcal Opaco negro respectivamente. La película retro reflejante debe cumplir con los requisitos de calidad, descrito en la norma N-**CMT-5-03-001/00 Calidad de películas retro reflejantes**

Señalización informativa tiene las siguientes características:

- **De identificación:** Son de lámina lisa, con fondo de color naranja reflejante con Scotchlite Grado Diamante; letras números, flechas, escudos y filete por recorte de vinil Scotchcal Opaco negro.

- **De recomendación:** De color naranja reflejante con Scotchlite grado Diamante; letras y filete por recorte de vinil Scotchcal Opaco negro.
- **En general:** Fondo en color naranja, reflejante con Scotchlite Grado Diamante y textos por recorte de vinil Scotchcal Opaco negro.
- **EJECUCIÓN:** Se instalan en los lugares señalados en el proyecto y ordenados por la Dependencia, referente a las mediciones de altura, distancia lateral, posición y ángulo de colocación está dispuesto en la Normativa para la Infraestructura del Transporte y en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

Presupuesto.

Para complementar este capítulo, se habla de la descripción de los trabajos a realizar a partir de los elementos desarrollados en las especificaciones de los trabajos, dando como producto final la conformación del presupuesto, en el cual se fijan las unidades de medida, el precio que se tiene por cada concepto y el importe de cada uno de ellos, como lo muestra la figura de III.4.

	CARRETERA :	AGUASCALIENTES - ZACATECAS		CONTRATO NUM.:			
	T R A M O :	AGUASCALIENTES - RINCON DE ROMOS					
	KM :	DEL 10+500 AL KM. 16+000 CUERPO "A"					
No.	INCISO	D E S C R I P C I O N	UNIDAD	CANTIDAD	P. U:	PRECIO UNITARIO CON LETRA	IMPORTE
1	N-CSV-CAR-4.002-	**Recuperacion en Frio de Pavimentos Asfalticos.**					
		Recuperacion de 20.0 cm espesor de la estructura del pavimento existente					
		estabilizada con emulsion cationica superestable tipo ECL-65 P.U.O.T.	m^3	15,130.00	950.25		14,377,282.50
2	N-CTR-CAR-1-04-	**Riegos de Liga.**					
		Riego de liga de la base hidraulica estabilizada, con emulsion para liga					
		(ECR-65)	lt	66,804.00	11.60		774,926.40
3	N-CSV.CAR-	**Carpeta Asfaltica de Granulometria Densa**					
		Construccion de Carpeta de Asfaltica de granulometria densa de alto desempeño de 10 cm de espesor compactos con material petreo tamaño nominal de 19 mm y cemento asfaltico grado PG-76-22 diseñada mediante Protocolo AMAAC PA-MA 01/2011 P.U.O.T.	m^3	7,637.00	2,800.00		21,383,600.00
4	CSV-CAR-3.02.002/1	**Capas de Rodadura de un Riego de Sello**					
		Capa de rodadura de un riego de sello con material petero3-A, reforzado con fibra de vidrio					
		ligado con emulsion de asfalto modificada con polimeros. P.U.O.T.	m^2	76,368.90	64.00		4,887,609.60
		SEÑALAMIENTO					
		SEÑALAMIENTO METALICO REFLEJANTE DE ACUERDO A					
		NORMAS Y ESPECIFICACIONES S.C.T. Y COMPLEMENTARIAS					
		Recubrimiento con pintura					
		Recubrimiento de superficies, por unidad de obra terminada					
		M - 2-3 Raya separadora de carriles discontinua :					
5	**N.CTR. CAR**	Color blanco reflejante, (longitud efectiva), PUOT.	ML	726.00	26.00		18,876.00
		M -3 - 1 Rayas en la orilla exterior derecha de la calzada : continua					
6	**N.CTR. CAR**	Color blanco reflejante, (longitud efectiva), PUOT.	ML	2,640.00	26.00		68,640.00
		M -3 - 2 Rayas en la orilla de la calzada : discontinua					
7	N.CTR. CAR	Color blanco reflejante, (longitud efectiva), PUOT.	ML	2,960.00	26.00		76,960.00
		M - 3 - 3 Rayas en la orilla exterior de la calzada : continua					
8		Color amarillo reflejante, (longitud efectiva),PUOT.	ML	560.00	26.00		14,560.00
		M - 5 Rayas Canalizadoras					
9		Color blanco reflejante, (longitud efectiva), PUOT.	ML	336.15	26.00		8,739.90
		M - 9 Rayas con espaciamiento logaritmico					
10		Color amarillo reflejante, (longitud efectiva),PUOT.	ML	302.20	28.00		8,461.60
		Vialetas:					
11		Suministro y colocación de señal OD-7 color blanca de 100 x 100 mm. una sola cara reflejante, P.U.O.T.	Pza	80.00	75.00		6,000.00
12		Suministro y colocación de boton DH -3 color metalico, P.U.O.T.	Pza	3,648.00	75.00		273,600.00
13		Suministro y colocación de boton DH 1.15 color blanco, P.U.O.T.	Pza	30.00	75.00		2,250.00
14	N.CTR. CAR	Suministro y colocación de señal SR-9 (Restriccion de velocidad) de 81x81 cm	JGO	1.00	3,600.00		3,600.00
						MONTO TOTAL ACUMULADO	**41,905,106.00**

FIG III.4 Presupuesto.

Las especificaciones que conforman el anteproyecto, son la base para la continuidad de la rehabillitación del tramo carretero, para la elaboracion de propuestas se requiere de estudios tecnicos que den la información necesaria para el desarrollo de la mejor alternativa, la cual considera todas las variables que la puedan ayudar como afectar.

CAPÍTULO III.

ESTUDIOS PARA LA ELABORACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Hace la descripción, de los estudios necesarios para la revisión de las condiciones en que se encuentra el tramo de **Aguascalientes – Rincón de Romos** del KM 10+400 al KM 16+000, con el objetivo de obtener las variables que permitan un mejor análisis de ellas misma, para considerar una serie de alternativas, para la rehabilitación de este tramo, haciendo más eficiente el recorrido del tránsito vehicular.

- Datos generales:

Antes de empezar, con la descripción de cada uno de los estudios técnicos se mencionan algunos datos relevantes del lugar en estudio, para comenzar el tramo tiene una longitud de 5.6 KM, pertenece al municipio de San Francisco de los Romos, se localiza a 22 KM de la ciudad de Aguascalientes, tiene una altura de 1880 metros sobre el nivel del mar.

Sus colindancias son:

- Norte: municipios de Pabellón de Arteaga y Asientos
- Sur y Poniente: municipios de Aguascalientes y el Llano.
- Oriente: municipio de Jesús María.

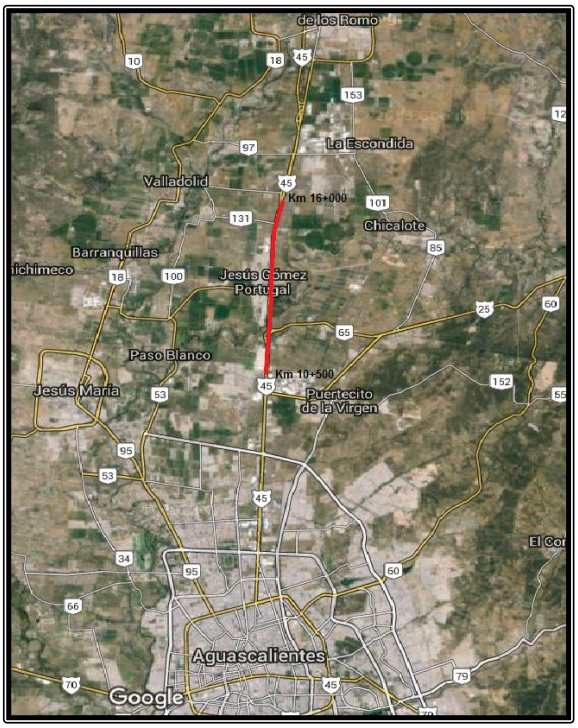


FIG IV.1 LOCALIZACIÓN DEL TRAMO.

- **Clima:**

El clima generalmente en el Estado de Aguascalientes es semí seco, con una temperatura media de 17.4 °C, la precipitación media anual varía de 500 a 600 mm, en verano se tiene una precipitación máxima de 110 a 120 mm, una mínima media de 5 mm en el mes de marzo.

El régimen térmico más cálido se da en el mes de mayo con temperaturas medias de 22 a 23 °C; y el mes más frio es enero con temperatura media de 13 a 14 °C.

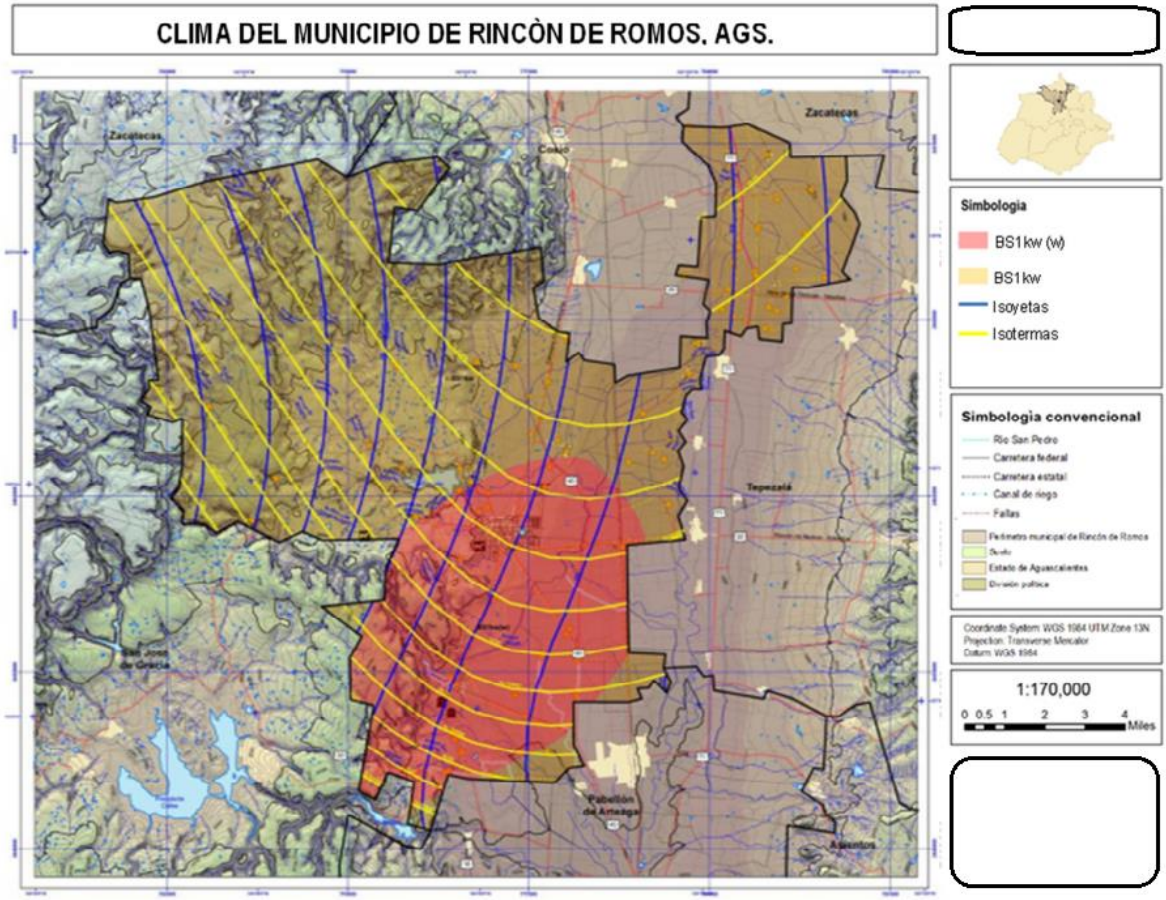


FIG IV. 2 CLIMA DEL TRAMO EN ESTUDIO.

- **Estudio Hidrológico.**

Hidrología Superficial: La zona de estudio pertenece a la región Lerma-Santiago (RH12) de la cuenca Río Verde Grande (I) y sub cuenca Río San Pedro; de estas se componen las siguientes corrientes de agua: Río San Pedro, Los Arroyos El Saucillo, Las Burras, El Ajiladero, Los Arrieros, Santa Catarina, Pabellón, El Fresno, Los Puercos, Las Crucitas, La Boquilla, La Loba, El Blanco,

Los Mirasoles, El Túnel y el Canal. Los cuerpos de agua son: Presa “El Saucillo”, Presa “San Blas”, Presa “San Elías”, Bordo “La Boquilla”, Bordo, Guadalupe”.

Hidrología subterránea.- El estado de Aguascalientes enfrenta serios problemas de escasez de agua debido a la demanda de ésta; el municipio de Rincón de Romos no es la excepción, la sobreexplotación de acuíferos es intensa, en consecuencia se presenta un incremento en el costo de extracción así como la aparición de discontinuidades geológicas, afectando la infraestructura de edificios y casas habitación, las fallas corren de norte a sur, algunas tienen varios kilómetros de extensión respecto al sistema hidrológico subterráneo, se encuentra localizado en los límites de la región hidrológica Lerma – Chapala - Santiago (RH12), cuenca Río Verde Grande (II), sub cuenca Río san Pedro.

Región hidrológica "Lerma-Chapala-Santiago" (RH12):

La parte que corresponde a esta región según Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es la más importante, representa el 98% de la superficie estatal por abastecer prácticamente el total de su población e industria existente.

Cuenca Río Verde Grande: Se ubica en parte norte y centro del estado; drena una superficie de 4,384.37 Km². El Río Verde Grande es el más importante de los afluentes, se origina en el Estado de Zacatecas donde se desarrolla la parte más elevada de su cuenca: Río San Pedro, Río Aguascalientes, Río Encarnación, Río Chicalote y Río Morcinique pertenecientes al Estado de Aguascalientes.

En la parte oeste del área de estudio, por su composición geo-hidrológica contiene material granular existiendo poca posibilidad de detectar mantos acuíferos. La parte central y este contienen material granular con agua, por lo que existe una alta probabilidad de encontrar mantos subterráneos; debido a su ubicación dentro del área de veda intermedia se debe respetar para controlar la explotación excesiva de recursos, e incidir en el abatimiento de los mantos freáticos de las fuentes de abastecimiento de los pozos.

Existe en la Región Valle Norte (RVN) 701 pozos, de los cuales 23 pertenecen al municipio de Rincón de Romos que representan el 56.63% dentro de esta área. Con respecto a la demanda de agua el uso agrícola representa el 91%, el uso pecuario el 1%, el uso urbano representa el 3.95% y otros usos el 3.5%.

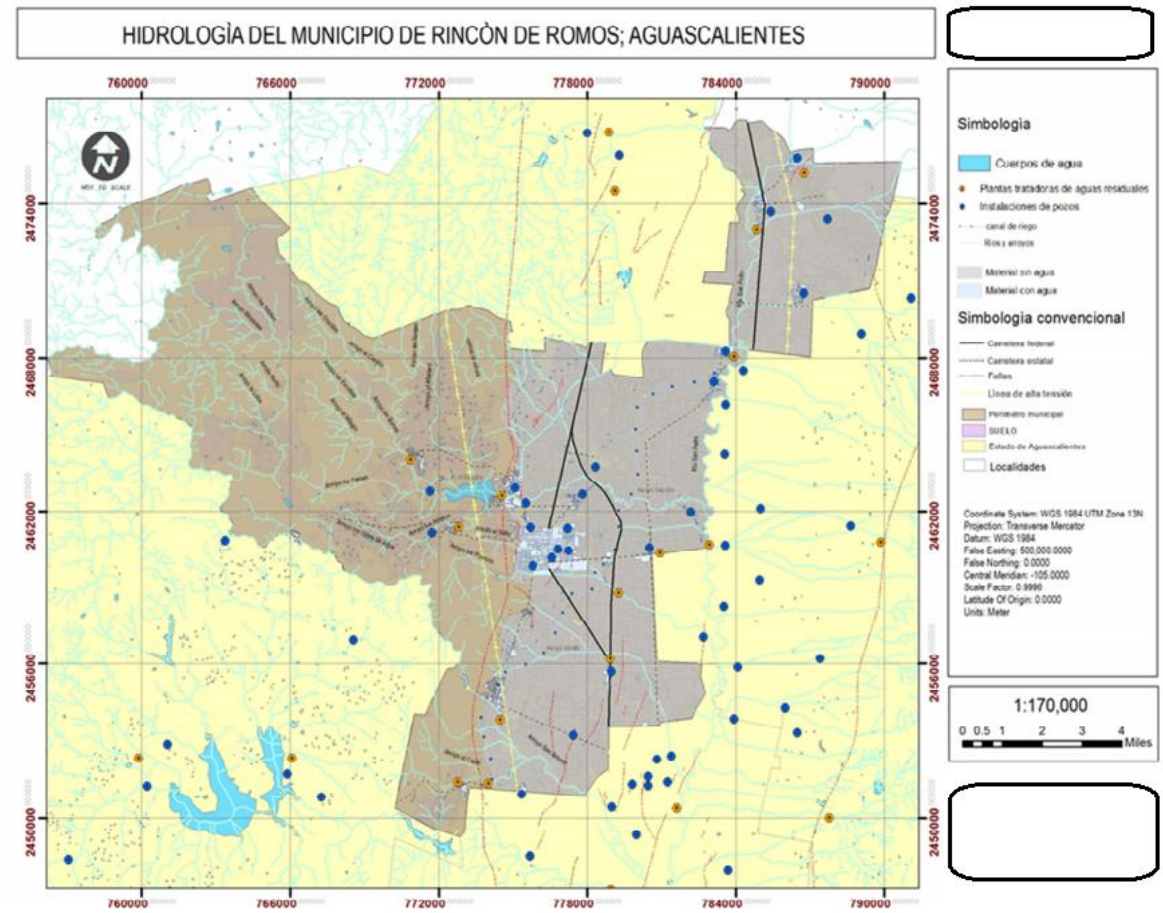


FIG IV. 3 PLANO HIDROLÓGICO DEL SITIO.

- **<u>Topografía.</u>**

Existen tres formas de relieve: planicie, lomerío y pie de monte, la planicie se ubica en la parte centro, norte, sur y oriente del municipio, se caracteriza por presentar suelos planos propiciando escurrimientos lentos, por lo que existe erosión leve, con presencia de agua superficial por periodos cortos, presenta pendientes de 0 a 5% lo que es adecuado para el desarrollo urbano.

El lomerío se ubica en la parte Nor-Poniente y sur-poniente del municipio con una pendiente moderada a alta que va de 6 al 20%. En el rango de 6 - 15%, el desarrollo urbano se puede dar considerando medidas de restricción, trabajos de ingeniería, entre otros; en pendientes mayores al 15% el desarrollo es inapropiado.

Pie de monte se da en la parte poniente y norte con pendientes mayores al 25%, se caracteriza como área montañosa con afloramiento rocoso; como es Mesa del Conejo, Cerro Colorado, Cerro la Mesa Verde, su función natural acentúa el paisaje, por lo que la aptitud para esta zona es para preservación ecológica.

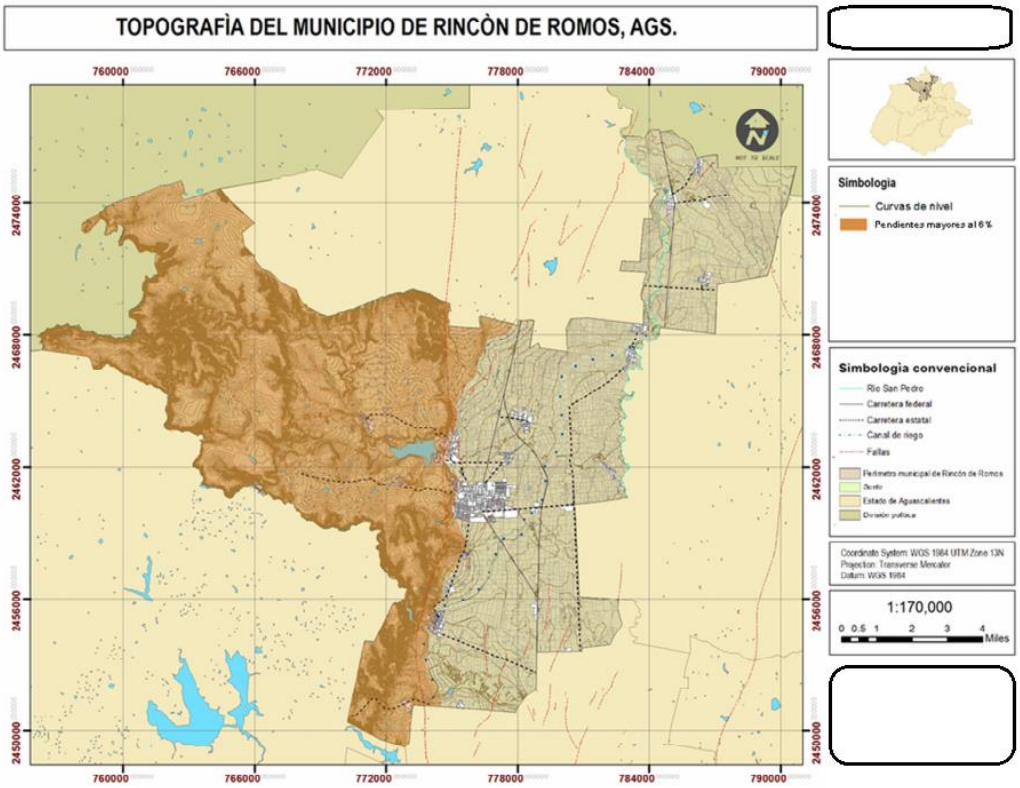


FIG IV. 4 PLANO TOPOGRÁFICO DEL SITIO.

- **<u>Perfil Estratigráfico.</u>**

El propósito de realizar un estudio prelliminar del tipo sondeo en la carpeta de rodamiento en estudio, tienen el obejtivo de conocer las condiciones de capas inferiores que la conforman y así poder conocer su estado, para posibles mantenimientos. En la figura IV.6 se observa el grafico de espesores del pavimiento del tramo en estudio.

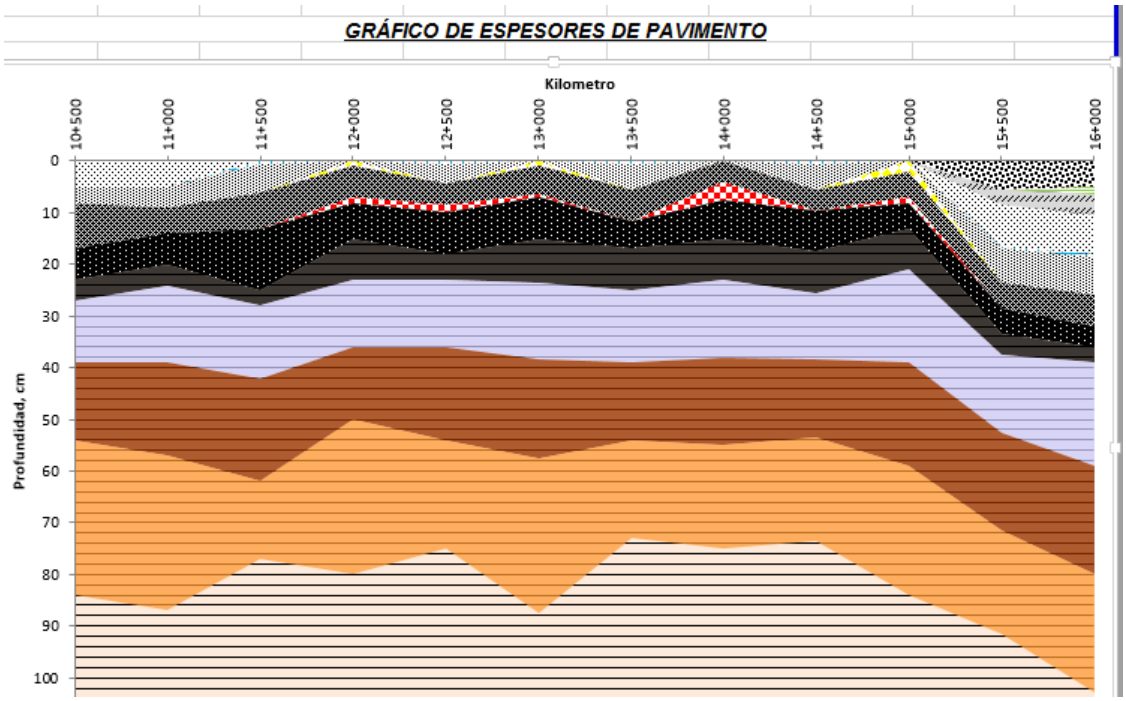


FIG IV.6 PERFIL ESTRATIGRÁFICO.

Con relación al grafico de espesores obtenemos la figura IV.7, con los sondeos de cada una de las sobre carpetas y sus respectivas bases realizados cada 500 metros.

Espesor del Pavimento en cm.

Sondeo o Cala No.	C-1	S-1	C-2	S-2	C-3	S-3	C-4	S-4	C-5	S-5	C-6	S-6
Km	10+500	11+000	11+500	12+000	12+500	13+000	13+500	14+000	14+500	15+000	15+500	16+000
Lado	IZQ	CENT	CENT	IZQ	DER	DER	CENT	CENT	IZQ	IZQ	DER	DER
Sobrecarpeta # 6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	5.0
Sello # 4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
Sobrecarpeta # 5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	4.0
Sobrecarpeta # 4	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	7.5
Sello # 3	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5
Sobrecarpeta # 3	3.0	4.0	5.5	0.0	4.0	0.0	5.0	0.0	5.0	0.0	6.5	7.5
Sello # 2	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0
Sobrecarpeta # 2	9.0	5.0	7.0	6.0	4.0	5.5	6.0	4.0	4.0	5.0	5.0	6.0
Sello # 1	0.0	0.0	0.0	1.0	1.5	0.5	0.0	3.5	0.0	1.0	0.0	0.0
Sobrecarpeta # 1	6.0	6.0	12.0	7.0	8.0	8.0	5.5	7.5	8.0	5.0	5.0	4.0
Carpeta Asfáltica	4.0	4.0	3.0	8.0	5.0	8.5	8.0	8.0	8.0	8.0	4.0	3.0
Base Estabilizada	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Base Hidráulica	12.0	15.0	14.0	13.0	13.0	15.0	14.0	15.0	13.0	18.0	15.0	20.0
Sub Base	15.0	18.0	20.0	14.0	18.0	19.0	15.0	17.0	15.0	20.0	19.0	21.0
Subrasante	30.0	30.0	15.0	30.0	21.0	30.0	19.0	20.0	20.0	25.0	20.0	23.0
Terraplen			20.0		23.0		20.0	15.0	20.0			

FIG IV.7 ESPESOR DEL PAVIMENTO.

- **<u>Zonas Inestables.</u>**

Se localiza en terrenos de formación geológica pertenecientes a periodos del neógeno (58.2 %), cuaternario (19.2 %), terciario (13.3 %) y triásico (0.2 %), existen formaciones rocosas del tipo ígneas extrusivas riolita-toba y ácida, Sedimentaria: arenisca-conglomerado, lutita-arenisca y metamórfica.

Siendo un tramo plano sin cortes, con edificaciones formales a ambos lados del camino, no presentan taludes de cortes ni de terraplenes, el terreno lateral hasta el derecho de vía es firme bien consolidado. Dadas las condiciones de que el tramo se localiza en una zona urbana, no se tiene ningún riesgo de derrumbes y no se localiza en su longitud ningún riesgo de falla. Por lo anterior se informa que no se localizaron zonas inestables y de riesgo para el usuario del camino, tal y como se muestran en las fotos.

FIG IV.8 CARRIL DE BAJA NO EXISTEN TALUDES CON PROBLEMA DE INESTABILIDAD EN EL KM 10+500

FIG IV.9 SE OBSERVA COMERCIOS A UN COSTADO DEL TRAMO EN EL KM.11+000

Antes de comenzar la explicación de los estudios técnicos se hace la aclaración que los datos recabados, comprende los años 2014 y 2015, siendo el tiempo del desarrollo del proyecto.

- **Estudio de Tránsito.**

Los datos del tránsito, para el análisis del pavimento, se obtienen del libro de datos viales 2015 publicados por la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) de la SCT.

La carretera Aguascalientes – Zacatecas es identificada con el numero MEX – 045, en la Red de carreteras Federales, el TDPA actual según el libro datos viales es de 21, 548 vehículos en el cuerpo A sentido 1.

Para entender mejor la composición vehicular, se definirá cada uno de los elementos que la componen:

- Automóvil (A): Se consideran automóviles, motocicletas y camionetas "pick up" con un peso máximo de 3.5 toneladas.
- Autobús (B): Todas las unidades destinadas al transporte público de pasajeros.
- Camión (C2): Los camiones de dos ejes.
- Camión (C3): Los camiones de tres ejes.
- Tracto camión con Semirremolque de dos ejes (T2-S2).
- Tracto camión con Semirremolque de tres ejes (T3-S3).
- Tracto camión de tres ejes con Semirremolque de dos ejes y remolque de tres ejes y otros (T3-S2-R4). En la figura IV.3 se ilustra la composición vehicular.

Vehículos ligeros menores de 3 toneladas	"A"
Transporte público de pasajeros	"B"
Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas con 2 ejes	"C2"
Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas, con 3 ejes	"C3"
Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas, con 3 ejes y remolque de 2 ejes	"T3S2"
Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas, con 3 ejes y remolque de 3 ejes.	"T3S3"
Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas, con 3 ejes, remolque de 2 ejes y semirremolque de 4 ejes.	"T3S2R4"

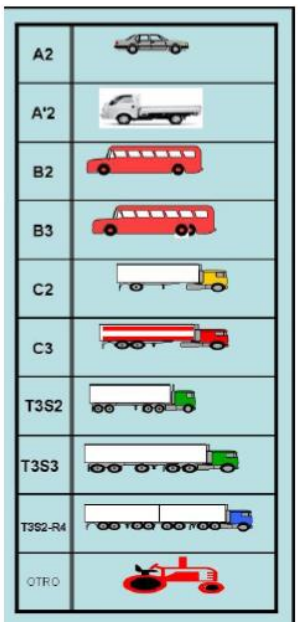


FIG IV. 3 CLASIFICACIÓN VEHICULAR.

Con lo anterior se hace el análisis de la composición máxima registrada en el 2014 de 21,548 vehículos aforados donde se establece en la tabla IV.1:

CUERPO A	PORCENTAJE
A	87.9%
B	1.2%
C2	3.8%
C3	0.9%
T3-S2	2.6%
T3-S3	2.0%
T3-S2-R4	1.6%
TOTAL	100%

TABLA IV.1 PORCENTAJE DE COMPOSICIÓN VEHICULAR EN EL TRAMO.

Tras su identificación y compresión se calculó la tasa de crecimiento, con datos disponibles entre el 2001 y 2011, se utilizó el método de Mínimos Cuadrados para su cálculo, como lo muestra la Tabla IV.2.

CARRETERA:	AGUASCALIENTES - ZACATECAS				
TRAMO:	AGUASCALIENTES - RINCON DE ROMOS				
KILOMETRO:	KM 10+500 AL KM 16+000				
AÑOS	TPDA	(VF/VP)	(1/n-1)	-1	i %
2003	10342				
2004	11631	1.125	1	0.125	12.464
2005	12412	1.067	1	0.067	6.715
2006	11441	0.922	1	-0.078	-7.823
2007	13187	1.153	1	0.153	15.261
2008	13451	1.020	1	0.020	2.002
2009	13922	1.035	1	0.035	3.502
2010	16786	1.206	1	0.206	20.572
2011	19465	1.160	1	0.160	15.960
2012	19013	0.977	1	-0.023	-2.322
2013	20661	1.087	1	0.087	8.668
2014	21548	1.043	1	0.043	4.293
				Promedio	7.208
Global		2.084	0.091	0.069	6.901
N=	12				
N anual=	2				

$$i = \left[\left(\frac{VF}{VP} \right)^{\left(\frac{1}{N-1}\right)} - 1 \right] \times 100$$

i	Tasa
VF	Valor Futuro
VP	Valor Presente
N	No de años

TABLA IV.2. CÁLCULO DE TASA DE CRECIMIENTO.

Se considera que la tasa de crecimiento es variable en los años considerados, dando un promedio de 7.21 y un global de 6.90, estos valores se consideran altos, para fines de diseño se emplea un 5%, ya que es la tasa máxima recomendada por el libro de proyecto geométrico.

Estos valores sirven para calcular los ejes equivalentes, que ayudan a la estructuración de la alternativa para la rehabilitación del tramo.

El cálculo de ejes equivalentes homologa los datos de tránsito anteriores, en ejes sencillos equivalentes acumulados, de 8.2 toneladas de peso, aplicando los procedimientos recomendados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM para un periodo de diseño de 15 años. Los datos necesarios se pueden revisar en las tablas IV.3 y IV.4

Datos para cálculo de ejes.

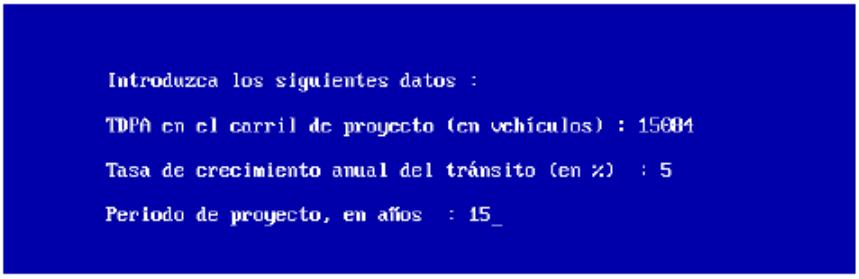
Periodo de servicio: 15 años
Coeficiente Direccional: 100 %
Coeficiente de carril (dos carriles): 70 %
Tasa de crecimiento: 5 %
TDPA: 15,084

TABLA IV.3 DATOS PARA CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES.

Composición Vehicular	Porcentaje
A	78.9
B	1.2
C2	3.0
C3	3.1
T3-S2	6.2
T3-S3	2.1
T3-S2-R4	2.2

TABLA IV.4 PORCENTAJE DE COMPOSICIÓN VEHICULAR.

Con los datos anteriores se da uso del programa DISPAV5 donde se ingresan y se procede a calcular en millones de ejes estándar.



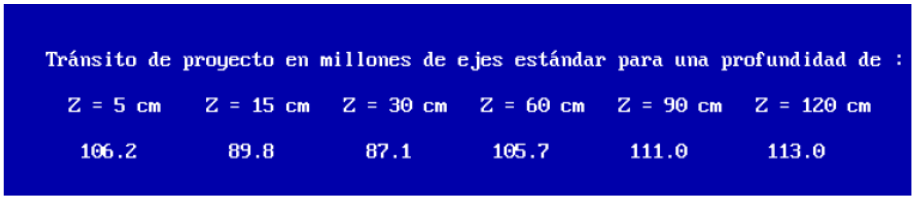


FIG IV. 4 CÁLCULO DE EJES.

Los datos que se muestran en la Fig. IV.4 servirán para el análisis del pavimento por deformación permanente y fatiga. De acuerdo con la estructura se empleará el transito del proyecto determinado a 15 cm de espesor para falla por fatiga y 90 cm de espesor para diseño por deformación permanente.

Por lo tanto, el tránsito de proyecto en millones de ejes estándar, es el siguiente:

- Por fatiga en las capas estabilizadas: 89.8
- Por deformación en capas no estabilizadas: 111.0

A partir de esto se propone los espesores máximos, mínimos y una media para cada una de las capas que conforman la estructura de la carretera para la elaboración de alternativas, como se observa en la tabla IV.4.

CAPA	MAXIMA	MINIMA	MEDIA
Carpeta asfáltica	39.0	21.0	26.6
Base estabilizada	0.0	0.0	0.0
Base Hidráulica	20.0	13.0	14.8
Sub Base	21.0	14.0	17.6
Subrasante	30.0	15.0	23.6

TABLA IV.4 ESPESORES PERMITIDOS PARA ESTRUCTURACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Con la realización de estudios técnicos y el cálculo de las variables necesarias para la obtención de los ejes equivalentes que ayudara al análisis de cada una de las alternativas, lo cual tiene el objetivo de hacer la selección de la mejor de ellas y así con el apoyo del DISPAV 5 observar el nivel de confianza de cada una.

CAPÍTULO IV.

SELECCIÓN DE ALTERNATIVA PARA REHABILITACIÓN.

Aborda la evaluación de alternativas, para hacer selección de una ellas, siendo la que tenga las características: de mayor resistencia, económica y durable, para el tramo **Aguascalientes – Rincón de Romos** del Km 10+400 al Km 16+000.

Alternativas de Rehabilitación.

Para comenzar con la estructuración de alternativas, se da lugar a una evaluación del pavimento actual, observando que la superficie presenta deterioros de ligeros a moderados en un 10 a 20% y ocasionalmente de 20 a 50 % de la longitud evaluada.

Posterior a esto, se procede al análisis estructural, realizado con el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM, arrojando resultado que permiten obtener datos de su vida remanente por deformación permanente y fatiga, siendo mayor de 15 años, a lo que se concluye que la estructura de pavimento actual no presenta falla funcional ni estructural.

Con recorridos y sondeos, se observa una sucesión de carpetas y riegos de sello que presentan agrietamientos severos, por ende, como parte de la creación de estas propuestas, es propuesto reciclar el pavimento para formar una capa homogénea sin deterioros y sobre esta construir una carpeta asfáltica.

Por lo anterior y basados en la información recolectada, se hace una serie de propuestas de rehabilitación:

Alternativa 1.- Conformar una **carpeta** de concreto asfáltico de 10 cm de espesor con una base asfáltica estabilizada con emulsión la cual deberá tener 25 cm de espesor.

Para lograr estos espesores se recuperarán 25 cm del pavimento existente, desperdiciando 5 cm del material fresado, agregando 5 cm de material de banco con calidad de base hidráulica y emulsión asfáltica para formar una base estabilizada con emulsión de 25 cm de espesor, sobre esta capa construir carpeta de concreto asfaltico con un espesor de 10 cm. (La rasante se eleva 10 cm).

Alternativa 2 Conformar una carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor, contará con una base asfáltica elaborada en planta, tendrá un espesor de 20 cm con material compactado.

Se recuperan 20 cm del pavimento existente, será transportado a una planta de asfalto, donde se desperdicia 10 cm del material fresado para agregar 10 cm de material de banco con calidad de base hidráulica, conformando una base asfáltica de 20 cm de espesor y sobre esta capa construir carpeta de concreto asfaltico con un espesor de 10 cm. (La rasante se eleva 10 cm).

Alternativa 3 Fresado de la carpeta asfáltica existente, sin modificaciones en la base, la restitución de carpeta de concreto asfaltico y tendrá 10 cm de espesor.

La carpeta asfáltica existente será fresada, se van a recuperar 10 cm serán llevados a planta para construir carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor.

Para la selección de la alternativa, se realizó un análisis a cada una, para saber su comportamiento, a partir de los estudios de Transito Diario Promedio Anual, composición vehicular, cálculo de la tasa de crecimiento y la relación de ejes equivalentes.

El análisis del pavimento se hizo por deformación permanente y fatiga, de acuerdo con la estructura se empleará el tránsito de proyecto determinado a 15cm y 90 cm para diseño por fatiga y de formación permanente, respectivamente.

Datos para análisis de alternativas:

Del capítulo anterior retomamos los valores de los ejes equivalentes para la realización de los análisis de las alternativas donde se obtuvieron los valores que se muestran en la tabla V.1

(a) Por fatiga en las capas estabilizadas	:	89.8
(b) Por deformación en capas no estabilizadas	:	111.0

TABLA V.1 SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE EJES EQUIVALENTES.

Después de obtenida la cantidad de ejes equivalentes, es necesario anexar los datos complementarios, para el análisis del pavimento con cada una de las posibles alternativas para conocer su comportamiento, así podremos tener un criterio amplio para la selección de la alternativa.

Parámetros de cálculo:

Periodo de servicio: 15 años
Coeficiente Direccional: 100 %
Coeficiente de carril (dos carriles): 70 %
Tasa de crecimiento: 5 %
TDPA = 22, 239 vehículos diarios en cuerpo A, Sentido 1
Composición: A = 87.9%, B= 1.2%, C2 = 3.8%, C3 = 0.9%, T3S2 = 2.6%,
T3S3 = 2.0%, T3S2R4 = 1.6%.

TABLA V.2 PARÁMETROS PARA ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.

Los parámetros de la tabla V.2 son los datos proporcionados en el capítulo IV recabado del estudio de tránsito y usados primeramente para el cálculo de ejes equivalentes, para caso del análisis de cada una de las alternativas se retoman estos mismos parámetros.

Módulos de rigidez
Carpeta Asfáltica E_{CA} = 35,000 kg/cm^2
Base asfáltica E_{BA} = 25,000 kg/cm^2
Base asfáltica E_{BA} = 17,000 kg/cm^2
CBR_{BH} = 111 % = Módulo = 3,513 kg/cm^2
CBR_{SB} = 102 % = Módulo = 3,311 kg/cm^2
CBR_{SR} = 15 % = Módulo = 865 kg/cm^2
CBR_{TN} = 10 % = Módulo = 652 kg/cm^2

TABLA V.3 MÓDULOS DE RIGIDEZ DE LOS DIFERENTES POSIBLES MATERIALES.

Los datos que proporciona la tabla V.3 son los módulos de rigidez de los materiales que se pueden emplear para la realización de los trabajos, siendo valores que nos van a medir la facilidad o dificultad que van a presentar a la deformación cuando actué un esfuerzo cortante en ellos.

CAPA	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2		
	ESPESOR EN, cm	CBR	MODULO Kg/cm²	ESPESOR EN, cm	CBR	MODULO
Carpeta	10	-	35,000	10	-	35,000
Base con emulsion	25	-	17,000	-	-	-
Basecon con asfalto	-	-	-	20	-	25,000
Basecon con cemento	-	-	-	-	-	-
Base hidraulica	15	111	3,513	16	111	3,513
subbase	18	102	3,311	18	102	3,311
subrasante	24	15	865	24	15	865

CAPA	ALTERNATIVA 3		
	ESPESOR EN, cm	CBR	MODULO
Carpeta	10	-	35,000
Base con emulsion	-		
Basecon con asfalto	17		25,000
Basecon con cemento	-	-	18,000
Base hidraulica	16	111	3,513
subbase	18	102	3,311
subrasante	24	15	865

TABLA V.4 CBR DE LOS MATERIALES.

El último parámetro que se usa para la evaluación de las alternativas son los que se muestran en la tabla V.4, que es el Valor de Soporte California (CBR o VRS) que va a ayudar a determinar la expansión originada por la saturación del material así mismo en especímenes compactados.

Análisis de alternativas con DISPAV5:

Alternativa 1.- Conformar una **carpeta** de concreto asfáltico de 10 cm de espesor con una base asfáltica estabilizada con emulsión la cual deberá tener 25 cm de espesor.

El resultado del análisis se observa en la tabla V.5

DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de tipo normal. Nivel de confianza en el proyecto : 90 %

Capa	H cm	VRSz %	E kg/cm²	V	Vida previsible Def	Fatiga
Carpeta	10.0		35000	0.35		> 150
Base asfáltica	25.0		17000	0.35		> 150
Base granular	33.0	102.0	3311	0.35	> 150	
Subrasante	24.0	15.0	865	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf	10.0	652	0.45	> 150	

	Vida previsible	Vida de Proyecto
Deformación	> 150	89.8
Fatiga	> 150	111.0

La vida útil es mayor a 15 años

TABLA V.5 RESULTADO DE ANÁLISIS DE ALTERNATIVA 1.

Alternativa 2 Conformar una carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor, contará con una base asfáltica elaborada en planta, tendrá un espesor de 20 cm con material compactado. El resultado se observa en la tabla V.6

DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de tipo normal. Nivel de confianza en el proyecto : 90 %

Capa	H cm	VRSz %	E kg/cm²	V	Vida previsible Def	Fatiga
Carpeta	10.0		35000	0.35		> 150
Base asfáltica	20.0		25000	0.35		> 150
Base granular	33.0	102.0	3311	0.35	> 150	
Subrasante	24.0	15.0	865	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf	10.0	652	0.45	> 150	

	Vida previsible	Vida de Proyecto
Deformación	> 150	89.8
Fatiga	> 150	111.0

La vida útil es mayor a 15 años

TABLA V.6 RESULTADO DE ANÁLISIS DE ALTERNATIVA 2.

Alternativa 3 Fresado de la carpeta asfáltica existente, sin modificaciones en la base, la restitución de carpeta de concreto asfaltico y tendrá 10 cm de espesor. El resultado del análisis se observa en la tabla V.7

DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de tipo normal. Nivel de confianza en el proyecto : 85 %

Capa	H cm	VRSz %	E kg/cm²	V	Vida previsible Def	Fatiga
Carpeta	10.0		35000	0.35		> 150
Base asfáltica	17.0		25000	0.35		> 150
Base granular	33.0	102.0	3311	0.35	> 150	
Subrasante	24.0	15.0	865	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf	10.0	652	0.45	> 150	

	Vida previsible	Vida de Proyecto
Deformación	> 150	111.0
Fatiga	> 150	89.8

La vida util es mayor de 15 años

TABLA V.7 RESULTADO DE ANÁLISIS DE ALTERNATIVA 3.

Diseño de cada una de las alternativas:

Así se establece un diseño por cada una de las alternativas para definir los espesores mínimos con los que deben de cumplir para su conformación.

Alternativa 1.- Conformar una **carpeta** de concreto asfáltico de 10 cm de espesor con una base asfáltica estabilizada con emulsión la cual deberá tener 25 cm de espesor. Diseño se muestra en la tabla V.8

CARRETERA: AGUASCALIENTES - ZACATECAS
TRAMOS: AGUASCALIENTES - RINCON DE ROMOS
SUBTRAMO: KM 10+500 AL KM 16+000
ORIGEN: CD. DE MEXICO

ALTERNATIVA 1

TDPA	22,239	vpd	COEFICIENTE CD =	1.00	%	SN =	6.05
VIDA UTIL =	20.53	años	COEFICIENTE CC =	0.70	%	Pt=	2.50
TASA DE C =	0.05		FACTOR DE CR =	34.46			

Datos de diseño

FACTIBILIDAD TOTAL = 90 %
DESVIACION EST. = 0.35
SERVICIABILIDAD INCIAL Po = 4.2
SERVICIABILIDAD FINAL Pt = 2.5

LA VIDA UTIL ES DE 20 AÑOS

TRANSITO DE DISEÑO
$Esal_{...} =$ 86,806,147 $SN_{...} =$ 6.05

TRANSITO DE LA ESTRUCTURA
$Esal_{...} =$ 86,782,380

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

Capa	E psi	COEFICIENTE DE CAPA a*	COEFICIENTE DE DRENAJE m**	ESPESOR EN in	ESPESOR EN cm	NUMERO ESTRUCTURAL SN***
Concreto asfaltico, e_{ca}	497,350	0.45		3.94	10.0	1.79
Base asfaltica, e_{ba}	241,570	0.23		9.84	25.0	2.26
Base Hidraulica, Ebh	47,050	0.14	1.10	12.99	33.0	2.00
Cimentación	12,297					
						6.05

TABLA V.8 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ALTERNATIVA 1.

Alternativa 2 Conformar una carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor, contará con una base asfáltica elaborada en planta, tendrá un espesor de 20 cm con material compactado. Diseño se muestra en la tabla V.9.

CARRETERA: AGUASCALIENTES - ZACATECAS
TRAMOS: AGUASCALIENTES - RINCON DE ROMOS
SUBTRAMO: KM 10+500 AL KM 16+000
ORIGEN: CD. DE MEXICO

ALTERNATIVA 2

TDPA	22,239	vpd	COEFICIENTE CD =	1.00	%	SN =	6.15
VIDA UTIL =	22.09	años	COEFICIENTE CC =	0.70	%	Pt=	2.50
TASA DE C =	0.05		FACTOR DE CR =	38.76			

Datos de diseño

FACTIBILIDAD TOTAL = 90 %
DESVIACION EST. = 0.35
SERVICIABILIDAD INCIAL Po = 4.2
SERVICIABILIDAD FINAL Pt = 2.5

LA VIDA UTIL ES DE 22 AÑOS

TRANSITO DE DISEÑO
$Esal_{...} =$ 97,869,145 $SN_{...} =$ 6.15

TRANSITO DE LA ESTRUCTURA
$Esal_{...} =$ 97,812,026

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

Capa	E psi	COEFICIENTE DE CAPA a*	COEFICIENTE DE DRENAJE m**	ESPESOR EN in	ESPESOR EN cm	NUMERO ESTRUCTURAL SN***
Concreto asfaltico, e_{ca}	497,350	0.45		3.94	10.0	1.79
Base asfaltica, e_{ba}	355,250	0.30		7.87	20.0	2.36
Base Hidraulica, Ebh	47,050	0.14	1.10	12.99	33.0	2.00
Cimentación	12,297					
						6.15

TABLA V.9 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ALTERNATIVA 2.

Alternativa 3.- Fresado de la carpeta asfáltica existente, sin modificaciones en la base, la restitución de carpeta de concreto asfáltico y tendrá 10 cm de espesor. El diseño se muestra en la tabla V.10

CARRETERA: AGUASCALIENTES - ZACATECAS
TRAMOS: AGUASCALIENTES - RINCON DE ROMOS
SUBTRAMO: KM 10+500 AL KM 16+000
ORIGEN: CD. DE MEXICO

ALTERNATIVA 3

TDPA	22,239	vpd	COEFICIENTE CD =	1.00	%	SN =	5.79
VIDA UTIL =	16.75	años	COEFICIENTE CC =	0.70	%	Pt=	2.50
TASA DE C =	0.05		FACTOR DE CR =	25.28			

Datos de diseño

FACTIBILIDAD TOTAL = 90 %
DESVIACION EST. = 0.35

SERVICIABILIDAD INCIAL Po = 4.2
SERVICIABILIDAD FINAL Pt = 2.5

LA VIDA UTIL ES DE 16.75 AÑOS

TRANSITO DE DISEÑO

$Esal_{...}$ = 63,324,438 $SN_{...}$ = 5.79

TRANSITO DE LA ESTRUCTURA

$Esal_{...}$ = 63,266,379

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

Capa	E psi	COEFICIENTE DE CAPA a*	COEFICIENTE DE DRENAJE m**	ESPESOR EN in	ESPESOR EN cm	NUMERO ESTRUCTURAL SN***
Concreto asfaltico, e_{ca}	497,350	0.45		3.94	10.0	1.79
Base asfaltica, e_{ba}	355,250	0.30		6.69	17.0	2.01
Base Hidraulica, Ebh	47,050	0.14	1.10	12.99	33.0	2.00
Cimentación	12,297					
						5.79

TABLA V.10 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ALTERNATIVA 3.

<u>Costo de cada una de las propuestas:</u>

A continuación, en la tabla V.11, se presenta los costos de cada una de las propuestas, con el objetivo de proporcionar la relación de los conceptos de trabajos necesarios para su construcción así con las instrucciones para conseguirlo.

ALTERNATIVA	COSTO DE CONSTRUCCION
Alternativa 1.- Conformar una **carpeta** de concreto asfáltico de 10 cm de espesor con una base asfáltica estabilizada con emulsión la cual deberá tener 25 cm de espesor. Para lograr estos espesores se recuperarán 25 cm del pavimento existente, desperdiciando 5 cm del material fresado, agregando 5 cm de material de banco con calidad de base hidráulica y emulsión asfáltica para formar una base estabilizada con emulsión de 25 cm de espesor, sobre esta capa construir carpeta de concreto asfáltico con un espesor de 10 cm. (La rasante se eleva 10 cm).	42’016,058.84
Alternativa 2 Conformar una carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor, contará con una base asfáltica elaborada en planta, tendrá un espesor de 20 cm con material compactado. Se recuperan 20 cm del pavimento existente, será transportado a una planta de asfalto, donde se desperdicia 10 cm del material fresado para agregar 10 cm de material de banco con calidad de base hidráulica, conformando una base asfáltica de 20 cm de espesor y sobre esta capa construir carpeta de concreto asfáltico con un espesor de 10 cm. (La rasante se eleva 10 cm).	49’783,174.74
Alternativa 3.- Fresado de la carpeta asfáltica existente, sin modificaciones en la base, la restitución de carpeta de concreto asfáltico y tendrá 10 cm de espesor. La carpeta asfáltica existente será fresada, se van a recuperar 10 cm serán llevados a planta para construir carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor.	49’261,872.00

TABLA V.11 ANÁLISIS ECONÓMICO DE CADA PROPUESTA

Selección de alternativa:

Se propone la siguiente alternativa de rehabilitación para una vida útil mayor de 15 años.

La propuesta 1 con los espesores que indican a continuación:

CAPA	ESPESOR, en cm
Carpeta de concreto asfáltico, CA	10.00
Base estabilizada con emulsión asfáltico BA	25.00
Base hidráulica BH	15.00
Sub base	18.00
Subrasante SR	24.00
TOTAL	92.00 cm

TABLA V.12 ESPESORES DE ALTERNATIVA PARA REHABILITACIÓN.

La estructura recomendada, consistirá en carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor, base estabilizada con emulsión asfáltica de 25 cm, apoyada en las siguientes capas existentes: base hidráulica de 15 cm, sub base de 18 cm y capa subrasante de 24cm.

CONCLUSIONES.

1. Para la realización de los trabajos se utilizará de manera intensiva la mano de obra de la localidad o de la región en caso de ser necesario.

2. Se proveerá a su personal de campo con uniformes de color naranja, equipo de trabajo y seguridad en buenas condiciones.

3. La maquinaria, el equipo de construcción, camiones volteo, camionetas pick up y camiones de redilas, que se utilicen deberán contar con torretas y con el logotipo de la empresa, de no cumplir con la disposición 4 y 5 serán motivos de suspensión de trabajos.

4. En el empleo de materiales asfálticos convencionales (cementos y emulsiones), invariablemente se deberá asegurar y garantizar que el asfalto puesto en obra cumpla con todas las características del tipo de asfalto especificado. De no cumplirse, el contratista estará obligado a adecuar dicho producto asfáltico antes de emplearlo.

5. En el caso de pinturas de aplicación en el Señalamiento Horizontal (Raya central y laterales) deberán ser de tal calidad que se garantice su DURABILIDAD Y REFLECTIVIDAD, de por lo menos un año.

6. El equipo con el que se tienda la carpeta asfáltica deberá contar con los dispositivos hidráulicos y electrónicos de control necesarios para garantizar que los espesores de esta capa sean los indicados en el proyecto o dictamen correspondiente, la expendedora deberá garantizar una distribución y acomodo uniforme de la mezcla asfáltica, para dar las pendientes transversales y longitudinales de proyecto.

7. Al licitante que se le adjudique la obra, deberá presentar antes de la firma del contrato respectivo, un seguro por daños a terceros por un monto de $1,000,000.00 y con vigencia

que cubra el periodo de ejecución de los trabajos y hasta la recepción formal de los mismos, considerando 3 eventos.

8. Previo a llevar a cabo los trabajos de recuperación del pavimento existente se efectuará el barrido de la superficie por tratar, así como el despalme necesario en los hombros o taludes del camino, posteriormente con la máquina tipo RR-250 o su equivalente, se realizará la recuperación de las capas del pavimento existente, en un espesor de 20.0 cm. y se acamellonará el producto recuperado en la orilla de la corona.

9. Derivado del proceso de recuperación, la superficie descubierta se perfilará y re-compactará al cien por ciento (100%), de su peso volumétrico seco máximo, determinado mediante la prueba AASHTO MODIFICADA 5 CAPAS en un espesor de 20 cm. aproximadamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Badillo, J. (2015). Mecánica de Suelos Tomo II. Limusa.

Bustamante, I.F. (1986). Estructuración Vías Terrestres. México: Grupo Patria Cultural.

Becerra García, A (2012). COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM127+500 (Tesis inédita de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México.

SCT, APÉNDICE PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS CAMINOS Y PUENTES A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO, 2008.

SCT, Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2001- 2006, 2001.

Chinchilla, M. (2017). Terracería y Estabilidad de Suelos (Recuperado de https://prezi.com/2x2gnpj_dhej/terraceria-y-estabilidad-de-suelos/)

SCT, Características de los materiales, (2002)

Álvarez, J. (2017). Estabilización de Suelos (Recuperado de http://anfacal.org/media/Biblioteca_Digital/Construccion/Estabilizacion_de_Suelos/Estab.Doc.Colombiano,varios%20insumos,Cal.2010-F_Upload.pdf)

S/A,http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/recursos/lecciones/tabla_periodica/programas/tabla_propiedades_mecanicas/modulo_rigidez/tabla_modulo_rigidez.html

Proyecto *Propuesta de rehabilitación para la Carretera* ***Aguascalientes – Zacatecas*** *en el tramo:* ***Aguascalientes – Rincón de Romos*** *en los Km 10+400 al Km 16+000.*