DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO CON PROPUESTA DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE (TSD) PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA.



RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de este informe es presentar una propuesta para la Rehabilitación de la infraestructura vial Urbana, específicamente enfocada en la Avenida Niño Héroes, en el tramo comprendido entre la Av. Benito Juárez y la Av. Pablo Silva García, dentro de la Ciudad de Villa de Álvarez. Se busca implementar una estrategia que combine el pavimento asfáltico existente con la posterior aplicación de un Tratamiento Superficial Doble (TSD).

o de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Esta metodología, si bien representa una alternativa a los procedimientos constructivos más tradicionales en la región, se destaca por su demostrada eficiencia económica, la reducción en los tiempos de ejecución y un menor impacto ambiental.

Para contextualizar esta propuesta, se iniciará con una revisión de los principios fundamentales de los pavimentos asfálticos, identificando las causas comunes de sus fallas. Además, se ha recopilado información sobre la situación actual de la red vial en la Ciudad de Villa de Álvarez para fundamentar la pertinencia de esta intervención.

Posteriormente se realizará una evaluación exhaustiva del TSD como técnica de mantenimiento y rehabilitación. Se enfatizará como un diseño y una construcción adecuados de un tratamiento superficial doble confieren una resistencia y durabilidad superiores en comparación con soluciones más simples, a la vez que mejoran significativamente la impermeabilidad de la superficie.

Estas ventajas hacen del TSD una opción particularmente idónea para vialidades con volúmenes de tránsito elevados, así como para enfrentar condiciones topográficas con pendientes pronunciadas y climas extremos.

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

En esencia, la presenta iniciativa busca evidencias que en Villa de Álvarez existe una oportunidad viable y rentable para la modernización y recuperación de sus vías urbanas a través de técnicas no convencionales como el perfilado o fresado. Se argumentará que este sistema no solo optimiza los recursos económicos, sino que también acelera los procesos constructivos y contribuye a la sostenibilidad ambiental.

ING. ULISES G. ARZOLA HERNANDEZ- director general

INTRODUCCIÓN

En cuanto al cuidado de los pavimentos en entornos urbanos, se tienen como antecedentes los trabajos preparados por la SEDESOL (1992ª, 1992b) en donde se tratan, entre otras cosas, el diseño de pavimentos, su construcción, conservación, evaluación y renovación. En ellos, se propone un procedimiento para determinar la situación actual del pavimento y la construcción de obras complementarias. Los métodos propuestos permiten determinar las acciones de restitución de la estructura actual y la construcción de una nueva atendería a las solicitudes de carga según su frecuencia. Se emiten recomendaciones encaminadas a la implementación de un sistema de administración de pavimentos urbanos.

Al igual que cualquier otra obra de ingeniería, los pavimentos urbanos se diseñan para tener una vida útil y proporcionar un determinado nivel de servicio durante el periodo proyectado. Con el paso del tiempo, los pavimentos sufren deterioros o fallas

o de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

provocadas por el tráfico o por el medio ambiente, que hacen necesaria su conservación, mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción (Kraemer, 2003).

El mantenimiento garantiza las condiciones de uso de la infraestructura y extiende su vida útil, con lo que asegura la eficiente utilización de las inversiones realizadas en infraestructura urbana (Solminihac, 2001). La Figura 1 muestra el periodo de vida de un pavimento con respecto a la capacidad de servicio que ofrece. Se observa que las acciones periódicas de conservación y mantenimiento prolongan su vida últil y mantienen la vía en condiciones de operación aceptable.

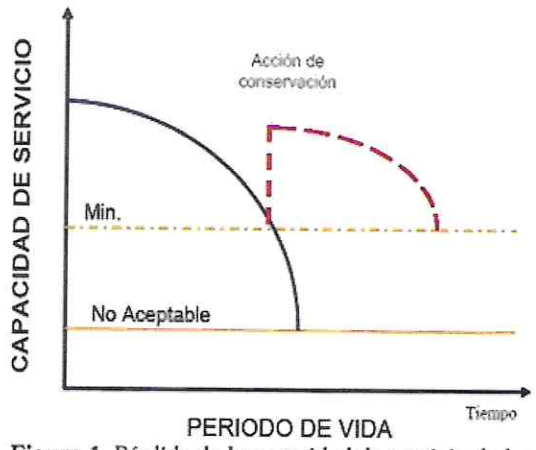


Figura 1. Pérdida de la capacidad de servicio de los pavimento (Solminhac, 2001)

Diferir el mantenimiento de los pavimentos tiene como consecuencia la pérdida de la capacidad de servicio y el incremento en el costo de la rehabilitación (Schliesser y Bull, 1992). En el caso de pavimentos urbanos, el manual técnico sobre conservación de obras viales elaborado para la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL, 1992ª), muestra que por cada unidad monetaria que se omita para evitar la caída en la calidad de los pavimentos que se encuentran en el estado regular, se tendrán que invertir 4 ó 5 unidades monetarias cuanto el

Laboratorio de Materiales, Terracerias - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

pavimento ya descendió a un nivel muy malo o de destrucción y se intente rehabilitarlo a su condición original (figura 2).

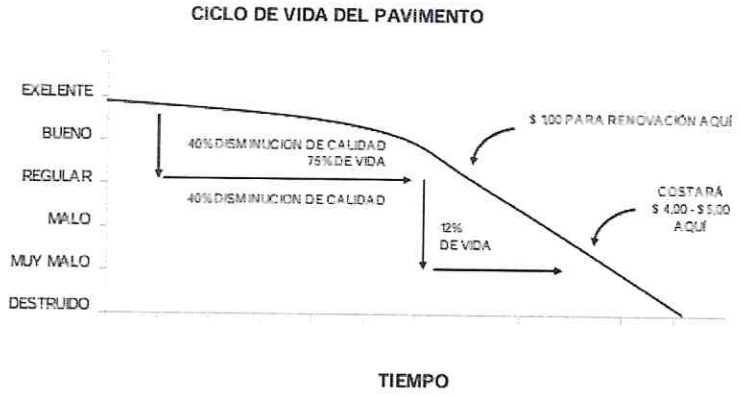


Figura 2. Costos por diferir el mantenimiento (SEDESOL, 1992a)

La caída en la calidad de los pavimentos también repercute en los costos para los usuarios de la infraestructura. La Tabla 1 expresa el costo de operación vehicular en $/Km por cada condición de superficie para varios tipos de vehículos. Estos valores muestran que cuando las dependencias públicas responsables difieren el mantenimiento vial, se elevan los costos de operación para los usuarios de la red vial.

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Tabla 1. Costos unitarios de operación vehicular por condición de servicio (en $/Km)

Condición del pavimento	Auto	Colectivo	Camión de carga	Autobús
Muy bueno	352	314	1, 133	3, 965
Bueno	378	349	1, 130	4, 133
Regular	415	398	1, 533	4, 330
Malo	468	469	1, 745	4, 546
Muy malo	687	804	2,373	5,164

Fuente: SEDESOL, 1992a, tomada de estudios del Banco Mundial.

Por último, es necesario recordar que la relación del peso de los ejes de los vehículos pesados con el peso de los ligeros, es del orden de 20, siendo el efecto sobre el pavimento aproximadamente proporcional a la cuarta potencia de esta relación (Romero, 2000). El paso de un camión de carga por una vialidad urbana es por lo tanto equivalente al de miles de vehículos ligeros. Los camiones de carga circulan principalmente en autopistas, carreteras federales o estatales, pero la naturaleza de las cadenas de transporte hace que sus trayectos se tracen también sobre vialidades urbanas. Por ello, los aspectos técnicos señalados anteriormente son determinantes para un adecuado mantenimiento de los pavimentos urbanos.

OBJETIVO GENERAL Desarrollar el proyecto no convencional para el mejoramiento y rehabilitación de vías urbanas en la ciudad de Villa de Álvarez a través del Perfilado de la carpeta asfáltica antigua demostrando su rentabilidad mediante el uso de tecnología nueva mejorando los alcances de

o de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Costo, Tiempo y Calidad comparados con los procesos constructivos tradicionales.

RESUMEN El mantenimiento de pavimentos en vialidades urbanas: Las vialidades son un componente importante de la infraestructura urbana que es por lo general un componente importante de la infraestructura urbana que es por lo general descuidada en México. Se analizan algunos factor4es técnicos, organizaciones y normativos ligados al mantenimiento de pavimentos en la Zona conurbada de Villa de Álvarez, Colima (México) con el objetivo de encontrar factores de vulnerabilidad. Como parte de los resultados, se encontraron inconsistencias en las clasificaciones de vehículos y vialidades en los ámbitos federal, estatal y municipal, proponiéndose nuevas categorías en función de criterios técnicos. También se identifican las prácticas de mantenimiento vial en dependencias municipales. Se concluye que una adecuada visión de los aspectos normativos puede servir para orientar un uso más racional de las infraestructuras y servir como elemento preventivo en el tema de daño a pavimentos. También se concluye que, dada la variedad de aspectos involucrados en el mantenimiento de las vialidades urbanas de la zona de estudio, para prevenir el deterioro, se requiere un conocimiento detallado de las técnicas que pueden ocasionar los problemas anteriormente citados. Una vez que el daño se ha ocasionado, el costo de la reparación es generalmente considerable, comparado con el costo inicial de construcción.

Las acciones correctivas apropiadas se pueden decidir si el defecto ha sido perfectamente identificado y la causa está bien entendida. Debido

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

generalmente a la alta velocidad de degradación, la efectividad del tratamiento correctivo depende del tiempo que tarde en llevarse a cabo dicho tratamiento.

TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE (TSD)

1. INTRODUCCIÓN

Este proceso consiste en dos aplicaciones de un material bituminoso sobre una superficie preparada, seguidas sucesivamente por la extensión y compactación de capas de agregado pétreo tal como se puede observar en la Figura 1, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los lineamientos, cotas y secciones indicados en los planos o establecidos por la proyectista encargada del diseño.

El tamaño medio del agregado de cada distribución sucesiva es la mitad o menos del tamaño medio de la capa precedente. El espesor total, es aproximadamente igual al tamaño máximo nominal de la primera capa.

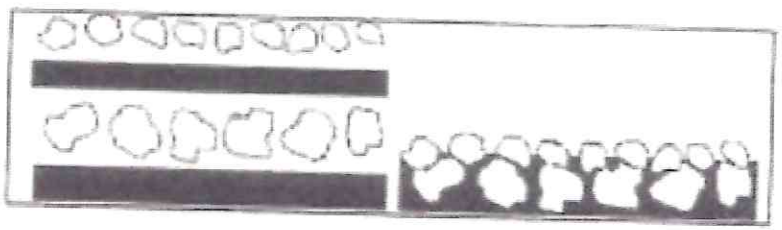


Figura 1. Tratamiento superficial doble

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Un tratamiento superficial doble, adecuadamente diseñado y construido, proporciona un considerable incremento en durabilidad y resistencia en comparación con un tratamiento simple, aportando, además una mayor impermeabilidad. Debido al gran aporte en términos de resistencia y durabilidad que proporcionan los tratamientos dobles estos son especialmente adecuados para condiciones de mayor volumen de tránsito, pendientes pronunciadas y climas con condiciones extremas.

2. MATERIALES QUE INTERVIENEN EN EL TSD

2.1. Agregado pétreo

El material pétreo que se utilice en la elaboración de capas de rodadura construidas por el sistema de riegos deberá cumplir con las características granulométricas establecidas en la Tabla 1 la cual indica la referencia de tabla de la SICT (Tabla 11), y con los requisitos de calidad indicados en la Tabla 2. La cual referencia la (Tabla 12), de la norma N-CMT-1-04/17.

Tabla 1. Requisitos de la granulometría para el TSD de acuerdo a la SICT.

Requisitos de granulometría del material pétreo para carpetas por el sistema de riegos.

Malla		Denominación del material pétreo				
Abertura mm	Designación	1	2	3-A	3-B	3-E
		Porcentaje que pasa				
31,5	1¼"	100	---	---	---	---
25	1"	95 min	---	---	---	---
19	¾"	---	100	---	---	---
12,5	½"	5 máx	95 min	100	---	100
9,5	⅜"	---	---	95 min	100	95 min
6,3	¼"	0	5 máx	---	95 min	---
4,75	N°4	---	---	---	---	5 máx
2	N°10	---	0	5 máx	5 máx	0
0,425	N°40	---	---	0	0	---

rías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Nota: Las columnas en rojo corresponden a los parámetros que hacen a la granulometría propuesta para el diseño del TSD, basados en la experiencia para el volumen de tránsito bajo a medio.

Requisitos de calidad del material pétreo para carpetas por el sistema de riegos

Característica	Valor
Desgaste de Los Ángeles; %, máximo	30
Partículas alargadas y lajeadas; %, máximo	35
Intemperismo acelerado; % máximo	12
Desprendimiento por fricción; %, máximo	25
Cubrimiento con asfalto (Método Inglés); %, mínimo	90

El almacenamiento de materiales pétreos debe apegarse a lo contemplado en el numeral J de la misma norma. Es importante tener en cuenta lo descrito con el fin de evitar alteraciones en el agregado pétreo antes de ser utilizado en la obra.

Tamaño. El tamaño de un agregado se refiere a la distribución de la granulometría del material. En un tratamiento superficial doble es deseable un tamaño uniforme, la partícula de mayor tamaño no debe de medir más de dos veces el diámetro de la más pequeña.

En graduaciones con mucha diferencia de tamaños, las partículas más pequeñas son cubiertas en gran parte por la película de asfalto, mientas que las partículas de mayor tamaño no tienen empotramiento adecuado, por lo que

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

son susceptibles a ser barridas por el tránsito. Una graduación uniforme logra que el tratamiento superficial posea una fijación adecuada y un envolvimiento uniforme, además de lograr distribuir uniformemente las cargas y facilitar la dosificación.

El tamaño máximo del agregado está ligado a las condiciones del tránsito en la Avenida Niños Héroes, Villa de Álvarez, así como a la cantidad de emulsión asfáltica que pueda ser aplicada por el distribuidor sin que escurra por la superficie. En el caso de tratamientos superficiales múltiples, las capas superiores deben de disminuir su tamaño máximo de manera progresiva.

Agregados más grandes requieren mayores tasas de aplicación de emulsión con el fin de proporcionar un porcentaje de empotramiento equivalente a agregados tolerancia durante la construcción con respecto a la profundidad de empotramiento en el ligante asfálticos. De igual manera, la aplicación alta de ligante asfáltico proporciona una mayor capacidad de sellado.

Los agregados retenidos entre dos tamaños de tamices adyacentes proporcionan el mejor empotramiento, seguido por agregados que ocupan el espacio entre tres tamaños de tamices adyacentes; estos se describen a menudo como los agregados de uno y de dos bancos, respectivamente.

El rendimiento de los tratamientos de uno y de dos tamaños está relacionado con la manera en que los agregados están incrustados en la emulsión. Se utilizan agregados bien graduados tal como se muestra en la Figura 2, el agregado fino a menudo entra en la emulsión antes del agregado grueso, haciendo que el

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

agregado gruesa deba tener menos aglutinante disponible para la adherencia y que resulta en la pérdida de la fracción gruesa y daños al vehicula más pequeños.

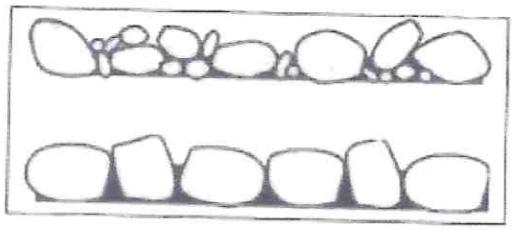


Figura 2. Distribucion del agregado bien gradado (grafico superior) y mal gradado (grafico inferior)

Forma. Al seleccionar un agregado es importante tener en cuenta la forma de sus lados. En el caso de un tratamiento superficial es fundamental observar su lado más plano y su angulosidad. Una partícula siempre tiende a colocarse en su lado plano. En la aplicación del tratamiento superficial, el tráfico que pasa por encima del tratamiento lentamente estará orientado a la partícula a su lado más plano. Si está es demasiada plana, el agregado se sumerge en la emulsión lo que provoca sangramiento en su aplicación.

Las formas angulares ofrecen un mejor empaquetamiento entre ellos, mejor trabazón que contribuye a su resistencia al ser laminado y proporciona más área de superficie para la adhesión de la emulsión. Los agregados de forma angular son generalmente preferidos sobre los agregados redondos por estas razones. "La forma cúbica es la más deseable para la construcción de tratamientos superficiales, las partículas planas o alargadas tienden a alinearse sobre sus caras planas y son cubiertas completamente por el asfalto, por lo que se genera una superficie resbaladiza y no uniforme. Por otro lado, los agregados redondos poseen una fricción interna baja, tienden a rodar y ser desplazados por el tránsito.

o de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Contenido de humedad La humedad de los agregados es determinante para el adecuado desempeño del tratamiento superficial en el proceso constructivo. Para la condición saturada y superficialmente seca los agregados proporcionan una mejor resistencia al barrido que los agregados secos cuando se utilizan emulsiones asfálticas. Por lo tanto, agregados para la construcción deben ser humedecidos rociando agua sobre el acopio y mezclándolo antes de que comiencen la construcción de los tratamientos superficiales dobles.

El exceso de humedad en la superficie del agregado tiene un efecto similar a un revestimiento. La película de humedad retrasa el rápido rompimiento de la emulsión asfáltica. En condiciones de clima húmedo o frío, la evaporación de la humedad en el agregado se produce lentamente, pero se seca rápidamente en los días cálidos secos. Durante este periodo de secado, el tráfico no controlado puede desplazar el agregado de la superficie. Si la lluvia cae poco después de la construcción, la adhesión entre aglutinante y agregado se ve poco desarrollada, el tráfico puede causar graves daños o incluso la pérdida total de la cobertura global. La presencia de agua en la superficie del agregado aumenta el retraso en el desarrollo de una adherencia rápida entre el agregado y el aglutinante, si las lluvias o el calor húmedo siguen inmediatamente después de la construcción, deben de hacerse todos los esfuerzos razonables para tener el agregado cubierto

2.2. Emulsiones asfálticas

Una emulsión es una dispersión de dos elementos insolubles uno en el otro. Definida una emulsión desde el punto de vista fisicoquímico, es una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, no miscibles entre sí. La emulsión asfáltica es un producto conseguido por la dispersión de una fase asfáltica en una base acuosa, donde las partículas quedan electrizadas, por lo tanto, los líquidos que la forman constituyen dos partes que se denominan: Fase dispersa o discontinua y Fase dispersante o continua.

Una emulsión está compuesta por tres ingredientes básicos: asfalto, agua y un agente emulsificante. En algunas ocasiones el agente emulsificante puede contener un estabilizador, en este caso en aplicaciones especiales como es el caso de los TSD, dependiendo de las condiciones a las que estará expuesto el material, se modifica emulsión agregando generalmente un polímero.

Estudios de Mecánica de Suelos - Asfaltos - Concretos - Terracerías - Materiales

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

La emulsión asfáltica por emplear en TSD catiónica de rotura rápida del tipo o una emulsión modificada con polímeros del tipo ECR-60 ó ECR-65, tal como se muestra en la Tabla 3 de la N-CMT-4-05-001/06.

Tabla 3. Clasificación de las emulsiones asfálticas

Las emulsiones asfálticas catiónicas deberán cumplir con todo lo estipulado en la Tabla 4, la cual hace referencia a la Tabla 7 de la misma norma:

Clasificación de las emulsiones asfálticas

Clasificación	Contenido de cemento asfáltico en masa %	Tipo	Polaridad
EAR-55	55	Rompimiento rápido	Aniónica
EAR-60	60		
EAM-60	60	Rompimiento medio	
EAM-65	65		
EAL-55	55	Rompimiento lento	
EAL-60	60		
EAI-60	60	Para impregnación	
ECR-60	60	Rompimiento rápido	Catiónica
ECR-65	65		
ECR-70	70		
ECM-65	65	Rompimiento medio	
ECL-65	65	Rompimiento lento	
ECI-60	60	Para impregnación	
ECS-60	60	Sobrestabilizada	

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Requisitos de calidad para emulsiones asfálticas catiónicas

Características	Clasificación						
	ECR-60	ECR-65	ECR-70	ECM-65	ECL-65	ECI-60	ECS-60
De la emulsión:							
Contenido de cemento asfáltico en masa; %, mínimo	60	65	68	65	65	60	60
Viscosidad Saybolt-Furol a 25C; s, mínimo	-	-	-	-	25	5	25
Viscosidad Saybolt-Furol a 50C; s, mínimo	5	40	50	25	-	-	-
Asentamiento en 5 días; diferencia en %, máximo	5	5	5	5	5	10	5
Retenido en malla N° 20 en la prueba del tamiz; %, máximo	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Pasa malla N° 20 y se retiene en malla N° 60 en la prueba del tamiz; %, máximo	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Cubrimiento del agregado seco; %, mínimo	-	-	-	90	90	-	90
Carga eléctrica de las partículas	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Disolvente en volumen; %, máximo	-	3	3	5	-	15	-
Índice de ruptura; %	<100	<100	<100	80 < 140	> 120	-	> 120
Del residuo de la destilación:							
Viscosidad dinámica a 60C; Pa·s (P [1])	50 10 (500 100)	50 10 (500 100)	50 10 (500 100)	50 10 (500 100)	50 10 (500 100)	50 10 (500 100)	50 10 (500 100)
Penetración a 25°C, en 100 g y 5 s; 10^{-1} mm	110–250	110–250	110–250	100–250	100–250	100–400	100–250
Solubilidad; %, mínimo	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	-
Ductilidad a 25°C; cm, mínimo	40	40	40	40	40	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, ECL-65 y ECS-60, en el proyecto se puede considerar de 50 a 90 × 10^{-1} mm.

El transporte y almacenamiento de los materiales asfálticos deben acatar lo contemplado en los numerales G.1 y G.2 de la N-CMT-4-05-001/06.

2.3. Asfalto

El asfalto es el ingrediente básico de una emulsión y en la mayoría de los casos, representa del 57 al 70 por ciento de la emulsión. Los cementos asfálticos empleados en la elaboración de la emulsión deben cumplir lo contemplado en la Tabla 5 de la N-CMT-4-05-001/6.

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Tabla 5. Requisitos de calidad del cemento asfáltico SICT

TABLA 5.- Requisitos de calidad para cemento asfáltico clasificado por viscosidad dinámica a 60°C

Características	Clasificación			
	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30
Del cemento asfáltico original:				
Viscosidad dinámica a 60 °C, Pa s (P [1]),	50 ± 10 (500 ± 100)	100 ± 20 (1 000 ± 200)	200 ± 40 (2 000 ± 400)	300 ± 60 (3 000 ± 600)
Viscosidad cinemática a 135 °C, mm²/s, mínimo (1 mm²/s = 1 centistoke)	175	250	300	350
Viscosidad Saybolt-Furol a 135 °C, s mínimo	80	110	120	150
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s, 10⁻¹ mm, mínimo	140	80	60	50
Punto de inflamación Cleveland, °C mínimo	177	219	232	232
Solubilidad, %, mínimo	99	99	99	99
Punto de reblandecimiento, °C	37 - 43	43 - 52	48 - 56	50 - 58
Del residuo de la prueba de la película delgada:				
Pérdida por calentamiento, %, máximo	1	0.5	0.5	0.5
Viscosidad dinámica a 60 °C, Pa s (P [1]), máximo	200 (2 000)	400 (4 000)	800 (8 000)	1 200 (12 000)
Ductilidad a 25 °C y 5 cm/min, cm, mínimo	100	75	50	40
Penetración referida a 25 °C, %, mínimo	46	50	54	58

[1] Poises

2.4. Emulsión asfáltica modificada

La emulsión asfáltica elaborada con cemento asfáltico AC-5 y polímero tipo I que es un modificador de asfalto que mejora las propiedades tanto a altas como a bajas temperaturas (SBS, SB), tipo II aporta mejoras a bajas temperaturas (Butadieno látex, neopreno látex), y tipo III mejora el comportamiento del ligante a altas temperaturas (EVA, HDPE, LDPE); deberán cumplir con lo estipulado en la Tabla 7 de este documento y que hace referencia a (Tabla 3) de la N-CMT-4-05-002/6.

o de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

El cemento asfáltico modificado AC-5 deberá cumplir lo estipulado en la tabla 1 de la misma norma, tal como en este documento se presenta en la Tabla 6.

Características de calidad que se revisarán en los materiales asfálticos durante la ejecución de la obra

Cementos asfálticos	Emulsiones asfálticas	Asfaltos rebajados
En el cemento asfáltico original:	**En la emulsión:**	**En el asfalto rebajado:**
• Viscosidad dinámica a 60°C • Punto de inflamación Cleveland	• Contenido de cemento asfáltico en masa • Viscosidad Saybolt-Furol a 25 y 50°C • Cubrimiento del agregado seco y húmedo • Carga eléctrica de las partículas	• Punto de inflamación Tag • Viscosidad Saybolt-Furol a 25 y 50°C • Contenido de solvente por destilación a 360°C • Contenido de cemento asfáltico por destilación a 360°C
En el residuo de la película delgada:	**En el residuo de la destilación:**	**En el residuo de la destilación:**
• Viscosidad dinámica a 60°C • Pérdida por calentamiento • Ductilidad a 25°C y 5 cm/min • Penetración a 25°C, 100 g, 5 s	• Viscosidad dinámica a 60°C • Ductilidad a 25°C y 5 cm/min • Penetración a 25°C, 100 g, 5 s	• Viscosidad dinámica a 60°C • Ductilidad a 25°C y 5 cm/min • Penetración a 25°C, 100 g, 5 s

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Clasificación de los asfaltos rebajados

Clasificación	Velocidad de fraguado	Tipo de solvente
FR-3	Rápida	Nafta, gasolina
FM-1	Media	Queroseno

Requisitos de calidad para asfaltos rebajados

Características	Grado	
	FM-1	FR-3
Del asfalto rebajado:		
Punto de inflamación Tag; °C, mínimo	38	27
Viscosidad Saybolt-Furol a 50°C; s	75-150	-
Viscosidad Saybolt-Furol a 60°C; s	-	250-500
Contenido de solvente por destilación a 360°C, en volumen; %		
Hasta 225°C	20 máx.	25 mín.
Hasta 260°C	25 - 65	55 mín.
Hasta 315°C	70 – 90	83 mín.
Contenido de cemento asfáltico por destilación a 360°C, en volumen, %, mínimo	60	73
Contenido de agua por destilación a 360°C, en volumen, %, máximo	0.2	0.2
Del residuo de la destilación:		
Viscosidad dinámica a 60C; Pa·s (P η), máximo	200 40 (2 000 400)	200 40 (2 000 400)
Penetración a 25°C, en 100 g y 5 s; 10-1 mm	120 – 300	80 – 120
Ductilidad a 25°C; cm, mínimo	100	100
Solubilidad; %, mínimo	99,5	99,5

Estudios de Mecánica de Suelos - Asfaltos - Concretos - Terracerías - Bancos de Materiales,

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Tabla 7. Requisitos de calidad de la emulsión asfáltica modificada

TABLA 3.- Requisitos de calidad para emulsión asfáltica modificada

Características	Valor
De la emulsión:	
Contenido de cemento asfáltico en masa, %, mínimo	60
Viscosidad Saybolt - Furol a 50°C, s	50-200
Asentamiento en 5 días, diferencia en %, máximo	3
Retenido de peso en malla N°20 en la prueba del tamiz, %, máximo	0.1
Carga eléctrica de las partículas	(+)
Disolvente en volumen, %, máximo	3
Demulsibilidad, %, mínimo	60
Indice de ruptura, %	80-140
Del residuo de la destilación:	
Penetración [1] a 25°C, en 100 g y 5 s, 10^{-1} mm	100-200
Ductilidad a 4°C, 5 cm/min, cm, mínimo	30
Recuperación elástica en ductilómetro a 25°C, 20 cm, 5 min, %, mínimo	40
Recuperación elástica en ductilómetro a 10°C, 20 cm, 5 min, %, mínimo	50

[1] En climas que alcancen temperaturas iguales que 40°C o mayores, la penetración en el residuo de la destilación de las emulsiones asfálticas modificadas con polímero, en el proyecto se puede considerar de 50 a 90 * 10^{-1} mm.

A continuación, se presenta una relación porcentual del contenido aproximado de los distintos ingredientes que componen una emulsión asfáltica:

Tabla 7A. Relación de ingredientes en una emulsión asfáltica

Elemento	Emulsión normal	Emulsión modificada con polímero
Asfalto	40-70	65-70
Emulsificante	0.2-1.5	0.2-1.5
Agua	40-60	35-45
Polímero	0	1-4

Fuente: Pavimentos, Texto Guía, Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología, Bolivia

Laboratorio de Materiales y Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

3. METODOLOGÍA DEL DISEÑO PARA TRATAMIENTOS SUPERIFICIALES DOBLES

Existen diversas metodologías de diseño para tratamientos superficiales, basadas en las características de los agregados (granulometría, gravedad específica, peso volumétrico entre otros) y de las condiciones de campo como tipo de base o pavimento existente, volumen de tránsito entre otras, para estimar las cantidades de agregado y de emulsión asfáltica.

Dosis y características del agregado:

- Diseñar cada capa como un tratamiento superficial simple.
- Cada capa debe de tener un tamaño nominal no superior a la mitad del tamaño nominal de la capa inferior.
- No se debe de corregir por pérdida, esto debido a que una cantidad excesiva de agregado puede formar una capa de agregado escasamente cubierto, que ocasiona desprendimiento de las demás capas y puede provocar la pérdida de agregado a causa de la falta de agregado embebido.
- En los tratamientos superficiales dobles, la primera capa de agregados generalmente define el espesor.
- La siguiente capa llena parcialmente los vacíos superiores en la capa previamente colocada.

Tasa de aplicación del asfalto:

- Diseñar cada capa como un tratamiento superficial simple.
- Excepto para la segunda capa, no se debe de corregir por textura superficial.

3.1. Metodología de diseño

Para este proyecto se empleará la metodología de la **DIMENSIÓN MÍNIMA PROMEDIO (DMP)**, desarrollada por el Country Roads de Victoria, Australia y modificado por McLeod en 1969. Esta presenta un método de diseño de tratamientos superficiales basado, en el trabajo realizado por Hanson previamente y además en observaciones y relaciones empíricas. Este método, adoptado en 1979 por el Instituto del Asfalto, toma en consideración que el volumen final del tratamiento superficial es 20% del peso unitario suelto del agregado, por lo que la cantidad de vacíos considerados se reduce y el ligante resultante es menor que la obtenida mediante el método de Hanson.

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Esta metodología involucra los siguientes parámetros:

- Tamaño de agregado
- Índice de Flakiness
- Dimensión mínima promedio (DMP)
- Peso unitario suelto del agregado
- Porcentaje de vacíos en el agregado suelto
- Volumen de tránsito
- Condición de la superficie existente
- Gravedad específica del agregado
- Absorción del agregado
- Contenido de asfalto residual
- Condiciones climáticas
- Desperdicio

Para el diseño de los tratamientos superficiales dobles, el Instituto del Asfalto presenta un método basado en el diseño de tratamientos simples.

3.1.1. Tratamiento superficial simple

Dosis de agregado (Ec1)

El agregado una vez compactado, debe cubrir uniformemente la superficie del pavimento. Por ello, el cálculo de la dosis se basa solamente en condiciones geométricas del agregado (tamaño y densidad). La dosis de agregado en Kg/m2 se determina mediante la siguiente ecuación:

$$C = M \cdot (1 - 0.40(V)) \cdot DMP \cdot G \cdot E$$

Donde:

- **C:** Dosis de agregado en Kg/m2
- **M:** Factor de corrección varia de 0.9 a 1.1 con agregado con gravedades específicas alrededor de 2.65
- **V:** Porcentaje de vacíos
- **DMP:** Dimensión mínima promedio
- **G:** Gravedad específica del agregado
- **E:** Factor de desperdicio. Corrige la dosis por rebote de partículas y depende del tamaño del agregado.

Estudios de Mecánica de Suelos - Asfaltos - Concretos - Terracerías, Laboratorio de Materiales,

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Tabla 8. Factor de desperdicio

DMP (mm)	Desperdicio (%)	Factor de desperdicio (E)
< 6.50	5	1.05
6.50-8.0	4	1.04
8.1-9.50	3	1.03
> 9.50	2	1.02

Fuente: Estudio comparativo de metodologías de diseño de tratamientos superficiales bituminosos, Ing. Francisco Leiva Villacorta, Universidad Nacional de Costa Rica.

Dosis de ligante (Ec2)

Su cálculo está en función de la geometría del agregado y parámetros de la emulsión:

$$B = K\left(\frac{(0.40 * DMP * T * V) + S + A}{R}\right)$$

- **B:** Dosis de aplicación de emulsión en lt/m2
- **K:** Factor de corrección que debe ser evaluado con base a las condiciones climáticas. Valor normal 1.0. Para las condiciones climáticas de este proyecto se mantendrá el valor de 1.0.
- **DMP:** Dimensión mínima promedio
- **T:** Factor de tráfico que incorpora el efecto del tráfico en el embebido del agregado

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Tabla 9. Factor de tráfico

Tráfico (veh/día)	Factor (T)
<100	0.85
100-500	0.75
500-1000	0.7
1000-2000	0.65
>2000	0.6

Fuente: Estudio comparativo de metodologías de diseño de tratamientos superficiales bituminosos, Ing. Francisco Leiva Villacorta. Universidad Nacional de Costa Rica.

V: Vacíos en el agregado en condición suelta. (Se expresa en formato decimal)

S: Factor 'S' de corrección por textura superficial, utilizado en Minnesota

Tabla 10. Factor de corrección por textura superficial

Textura superficial	Corrección S (L/m2)
Negra, exudada	-0.04 a -0.27
suave, no porosa	0.00
Levemente porosa y oxidada	0.14
Con agujeros leves, oxidada	0.27
Muy porosa	0.4

Fuente: Estudio comparativo de metodologías de diseño de tratamientos superficiales bituminosos, Ing. Francisco Leiva Villacorta. Universidad Nacional de Costa Rica.

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

A: Factor de corrección por absorción de asfalto en el agregado (L/m2). Este factor se desprecia salvo que el agregado sea claramente absorbente. Para absorciones por encima del 1.5% se recomienda usar 0.09 L/m2. Pero para agregados con una absorción elevada corregir la absorción con respecto a la siguiente definición: "Absorption of Emulsion into Aggregate Chips, Aaa: Absorption of emulsion into the chips requires a correction of +0.02 gal/yd2 (+0.1 L/m2) for each 1% of water absorption."15 (Traducción: "La absorción de emulsión del agregado en tratamientos superficiales: La absorción de la emulsión en los agregados requiere una corrección de 0,02 gal/yd2 (0,1 Lt/m2 por cada 1% de absorción de agua").

R: Porcentaje de asfalto residual de la emulsión, expresado en forma decimal.

Otras Fórmulas

-Porcentaje de vacíos (V) (Ec-a1)

$$V = \frac{100 \cdot [(G \cdot W) - Pvol]}{G \cdot W}$$

- **G:** Gravedad específica del agregado, (ASTM C 127)
- **W:** Densidad del agua a 23° C
- **Pvol:** Peso volumétrico del agregado

-Dimensión Mínima Promedio (DMP) (Ec-a2)

$$DMP = \frac{T_m}{1.09 + (0.118 \cdot IL)}$$

Laboratorio de Materiales, Terracerias - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

- **DMP:** Dimensión mínima promedio
- **Tm:** Tamaño medio del agregado. Abertura del tamiz teórico por el cual pasa el 50% del agregado (mm)
- **IL:** Porcentaje en peso de partículas que tienen su dimensión mínima inferior a 0.6 dimensión media del agregado (Índice Flakiness o lajas)

-Tamaño medio del agregado (Tm) (Ec-a3)

Abertura del tamiz teórico por el cual pasa el 50% del agregado (mm)

$$T_m = \sum \left[\left(\frac{\%retenido}{100} \right) \cdot \left(\frac{malla\ superior + malla\ donde\ se\ retie}{2} \right.$$

3.1.1 A. Caracterización agregado pétreo

La Tabla 11 presenta el valor de las propiedades necesarias empleadas en la metodología de la DPM, correspondiente a agregado pétreo proveniente de roca ígnea extrusiva: Basalto.

Estudios de Mecánica de Suelos - Asfaltos - Concretos - Terracerías - Materiales, de

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Tabla 11. Propiedades del agregado pétreo basáltico

Tamaño	Propiedad	Valor
3/4"	Granulometría	1
	Gravedad específica (gr/cm^3)	2.65
	Absorción (%)	1.76
	Índice de lajas (%)	27.5
	Peso volumétrico (gr/cm^3)	1.508
	%Vacíos	43
3/8"	Granulometría	3-A
	Gravedad específica	2.66
	Absorción	1.87
	Índice de lajas	17.8
	Peso volumétrico	1.52
	%Vacíos	44

3.1.1 B. Propiedades de la emulsión asfáltica

La emulsión propuesta para este proyecto corresponderá a una ECR 65-110 para impregnación y una ECR 60-110 para liga con sello 3E. Las características de este producto se presentan en la Figura 3.

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

CATALOGO DE PRODUCTOS

Características Básicas					Pruebas a la emulsión				Pruebas al residuo de la emulsión	
Tipo de emulsión	N-CMT-4-05-001/06	NC 1502 Tomo VIII	Asfalto Base	Residuo Asfáltico mínimo %	Viscosidad Saybolt Furol 50°C (segundos)	Retenido en malla máximo %		Asentamiento a cinco días máximo %	Penetración 25°C, dmm.	Ductilidad 25°C, mínimo cm
						No. 20	Pasa 20 Retiene 60			
ECR-60-60	—	—	AC-20	60	10-150	0.1	0.25	5	50-90	40
ECR-60-110	**ECR60**	**—**	**AC-5**	**60**	**10-150**	**0.1**	**0.25**	**5**	**110-250**	**100**
ECR65-40	ECR65	—	AC-20	65	40-250	0.1	0.25	5	50-90	40
ECR65-110	**ECR65**	**RR-2K**	**AC-5**	**65**	**40-250**	**0.1**	**0.25**	**5**	**110-250**	**100**
ECR 70-50	ECR70	—	AC-20	68	50-300	0.1	0.25	5	50-90	40
ECR70-110	ECR70	RR-3K	AC-5	68	50-300	0.1	0.25	5	110-250	100

- **Características Generales:**
  - Carga de la partícula: Positiva
  - Índice de ruptura, %: <100
  - Disolvente en volumen: 3% máximo.
  - Solubilidad en TCE: >97.5%

Los procedimientos de muestreo y prueba se rigen de acuerdo a lo establecido en AASHTO (Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling Testing), excepto el índice de ruptura el cual se rige por la norma NMX-F-05-019.

Figura 3. Propiedades de la emulsión propuesta de este proyecto.

Fuente: Ergon Asfaltos México

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

4. DISEÑO DEL TRATAMIENTO SUPERFICILA DOBLE, TSD

4.1. Diseño de la primera capa, agregado de 3/4"

4.1.1. Cantidad de agregado

$$C = M \cdot (1 - 0.40(V)) \cdot DMP \cdot G \cdot E$$

resolución para Porcentaje de Vacíos (V)

$$V = \frac{100 \cdot [(G \cdot W) - Pvol]}{(G \cdot W)}$$

Obtenemos la gravedad específica **G** según la tabla 11 = 2.65
Obtenemos la densidad del agua a 23° C **W** = 997.50 kg/m3
Obtenemos el peso volumétrico del material **Pvol** según la tabla 11 = 1508 kg/m3

$$V = \frac{100 \cdot [(2.65 \cdot 997.50) - 1508]}{(2.65 \cdot 997.50)}$$

$$V = 43$$

resolución para Dimensión Mínima Promedio (DPM)

$$DMP = \frac{T_m}{1.09 + (0.0118 \cdot IL)}$$

Antes de la DPM necesitamos resolver el Tamaño Medio del Agregado (Tm)

$$T_m = \sum \left[\left(\frac{\%retenido}{100} \right) \cdot \left(\frac{malla\ superior + malla\ donde\ se\ retie}{2} \right) \right.$$

o de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

$$T_m = \left[\left(\frac{0}{100}\right)\cdot\left(\frac{37.5+25}{2}\right)\right] + \left[\left(\frac{0.32}{100}\right)\cdot\left(\frac{25+19}{2}\right)\right] + \left[\left(\frac{25.33}{100}\right.\right.$$

$$+\left[\left(\frac{23.37}{100}\right)\cdot\left(\frac{12.50+9.50}{2}\right)\right] + \left[\left(\frac{47.12}{100}\right)\cdot\left(\frac{9.50+4.76}{2}\right)\right]$$

$$+\left[\left(\frac{2.78}{100}\right)\cdot\left(\frac{4.76+2.36}{2}\right)\right] + \left[\left(\frac{0.71}{100}\right)\cdot\left(\frac{2.36+0.60}{2}\right)\right]$$

$$+\left[\left(\frac{0.11}{100}\right)\cdot\left(\frac{0.60+0.30}{2}\right)\right] + \left[\left(\frac{0.26}{100}\right)\cdot\left(\frac{0.30+0.075}{2}\right)\right]$$

$$T_m = 10.10$$

Ahora resolveremos DMP, el valor de IL (porcentaje en peso de partículas que tienen su dimensión mínima inferior a 0.6 dimensión media del agregado (Índice Flakiness o lajas) se toma de las características de los materiales (Tabla 11) = 27.51%

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

$$DMP = \frac{10.10}{1.09 + (0.0118 \cdot 27.51)}$$

$$DMP = 7.14$$

Continuamos, sustituyendo los valores ya obtenidos

$$C = M \cdot (1 - 0.40(0.43)) \cdot 7.14 \cdot G \cdot E$$

Obtenemos la gravedad específica **G** según la tabla 11 = 2.65
Obtenemos el valor de corrección **M** según la gravedad específica **G** de 2.65 y la recomendación = 1
Obtenemos el factor de desperdicio **E** según el DPM de 7.14 y la tabla 8 = 1.04

Volvemos a continuar, sustituyendo los valores ya obtenidos

$$C = 1 \cdot (1 - 0.40(0.43)) \cdot 7.14 \cdot 2.65 \cdot 1.04$$

$$C = 16.3\ kg/m2$$

Estudios de Mecánica de Suelos - Asfaltos - Concretos - Terracerías - Materiales de

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

4.1.2 Determinación de la dosis ligante

$$B = K\left(\frac{(0.40 \cdot DMP \cdot T \cdot V) + S + A}{R}\right)$$

K: Factor de corrección que debe ser evaluado con base a las condiciones climáticas = 1
Obtenemos DMP de la resolución anterior = 7.14
Obtenemos el factor de tráfico T, para un tráfico de más de 2000 veh/día y la tabla 9 = 0.60
Obtenemos el porcentaje de vacíos V de la resolución anterior = 0.43
Obtenemos el factor de corrección S con base a la tabla 10 tipo de textura superficial, suave, no porosa = 0.00 0.14
Obtenemos el factor de corrección por absorción A, se toma el valor de absorción de la tabla 11 que es igual a 1.76% al no ser mayor de 2.5% se toma la recomendación = 0.09 L/m2
Obtenemos el porcentaje de asfalto residual de la emulsión R con base a la figura 3 = 65

Sustituimos los valores para resolver

$$B = K\left(\frac{(0.40 \cdot 7.14 \cdot 0.60 \cdot 0.43) + 0.00 + 0.09}{0.65}\right)$$

$$B = 1.27\ l/m2$$

4.2. Diseño de la segunda capa

4.2.1. Cantidad de agregado

$$C = M \cdot (1 - 0.40(V)) \cdot DMP \cdot G \cdot E$$

resolución para Porcentaje de Vacios (V)

$$V = \frac{100 \cdot [(G \cdot W) - Pvol]}{(G \cdot W)}$$

Obtenemos la gravedad específica G según la tabla 11 = 2.66
Obtenemos la densidad del agua a 23° C W = 997.50 kg/m3
Obtenemos el peso volumétrico del material Pvol según la tabla 11 = 1520 kg/m3

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

$$V = \frac{100 \cdot [(2.66 \cdot 997.50) \quad 1520]}{(2.66 \cdot 997.50)}$$

$$V = 42.71$$

resolución para Dimensión Mínima Promedio (DPM)

$$DMP = \frac{T_m}{1.09 + (0.0118 \cdot IL)}$$

Antes de la DPM necesitamos resolver el Tamaño Medio del Agregado (Tm)

$$T_m = \sum \left[\left(\frac{\%retenido}{100} \right) \cdot \left(\frac{malla\ superior + malla\ donde\ se\ retie}{2} \right) \right.$$

$$T_m = \left[\left(\frac{0}{100} \right) \cdot \left(\frac{19 + 12.50}{2} \right) \right] + \left[\left(\frac{1.26}{100} \right) \cdot \left(\frac{12.50 + 9.50}{2} \right) \right]$$

$$+ \left[\left(\frac{87.34}{100} \right) \cdot \left(\frac{9.50 + 4.76}{2} \right) \right] + \left[\left(\frac{8.82}{100} \right) \cdot \left(\frac{4.76 + 2.36}{2} \right) \right]$$

$$+ \left[\left(\frac{1.33}{100} \right) \cdot \left(\frac{2.36 + 1.18}{2} \right) \right] + \left[\left(\frac{0.51}{100} \right) \cdot \left(\frac{1.18 + 0.60}{2} \right) \right]$$

$$+ \left[\left(\frac{0.26}{100} \right) \cdot \left(\frac{0.60 + 0.30}{2} \right) \right] + \left[\left(\frac{0.22}{100} \right) \cdot \left(\frac{0.30 + 0.15}{2} \right) \right]$$

$$+ \left[\left(\frac{0.26}{100} \right) \cdot \left(\frac{0.15 + 0.075}{2} \right) \right]$$

$$T_m = 6.71$$

o de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Ahora resolveremos DMP, el valor de **IL** (porcentaje en peso de partículas que tienen su dimensión mínima inferior a 0.6 dimensión media del agregado (Índice Flakiness o lajas) se toma de las características de los materiales (Tabla 11) = 17.80%

$$DMP = \frac{6.71}{1.09 \cdot (0.0118 \cdot 17.8)}$$

$$DMP = 5.16$$

Continuamos, sustituyendo los valores ya obtenidos

$$C = M \cdot (1 - 0.40(0.4271)) \cdot 5.21 \cdot G \cdot E$$

Obtenemos la gravedad especifica G según la tabla 11 = 2.66
Obtenemos el valor de corrección M según la gravedad especifica G de 2.66 y la recomendación = 1
Obtenemos el factor de desperdicio E según el DPM de 5.21 y la tabla 8 = 1.05

Volvemos a continuar, sustituyendo los valores ya obtenidos

$$C = 1 \cdot (1 - 0.40(0.4271)) \cdot 5.21 \cdot 2.66 \cdot 1.05$$

$$C = 11.95\ kg/m2$$

4.2.2. Determinación de la dosis ligante

$$B = K \left(\frac{(0.40 \cdot DMP \cdot T \cdot V) + S + A}{R} \right)$$

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

K: Factor de corrección que debe ser evaluado con base a las condiciones

climáticas= 1

Obtenemos **DMP** de la resolución anterior = 5.16 Obtenemos el factor de tráfico **T**, para un tráfico de más de 2000 veh/día y la tabla 9 = 0.60 Obtenemos el porcentaje de vacíos **V** de la resolución anterior = 0.4271 Obtenemos el factor de corrección **S** con base a la tabla 10 tipo de textura superficial, suave, no porosa = 0.00

Obtenemos el factor de corrección por absorción **A**, se toma el valor de absorción de la tabla 11 que es igual a 1.87% al no ser mayor de 2.5% se toma la recomendación = 0.09 l/m2 Obtenemos el porcentaje de asfalto residual de la emulsión **R** con base a la figura 3 = 65

Sustituimos los valores para resolver

$$B = 1 \cdot \left(\frac{(0.40 \cdot 5.16 \cdot 0.60 \cdot 0.4271) + 0.00 + 0.09}{0.65} \right)$$

$$B = 0.95\ l/m2$$

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

5.1 RECOMENDACIONES EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

5.1 Equipos empleados en la construcción de TSD

Los equipos mencionados a continuación deben conservarse bien ajustados y en óptima condición operativa mediante un mantenimiento rutinario e inspecciones frecuentes, orientadas a desgaste excesivo, roturas y calibración.

- Esparcidor de agregados
- Pavimentador de asfalto
- Compactador mecánico
- Compactador neumático
- Barredoras mecánicas

5.2. Proceso constructivo de los TSD

A continuación, se describen los pasos fundamentales a llevar a cabo en el proceso ejecución del TSD.

a) Tapar los baches y reparar las áreas dañadas en la base o en el pavimento existente.

b) Limpiar la superficie con una barredora autopropulsada o barredoras de cepillo rotatorio u otro método aceptado.

c) Regar la emulsión asfáltica con la distribución unitaria especificada y a la temperatura apropiada.

d) Aplicar la distribución de agregados especificada inmediatamente, de efectuada la aplicación con el riego de asfalto (la emulsión todavía tendrá color marrón) para alcanzar la máxima penetración posible de los agregados en el ligante asfáltico.

e) Después continúa el rodillo para acomodar adecuadamente la capa de agregados, para que las partículas se asienten adecuadamente en el ligante asfáltico.

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

f) Realizar las juntas transversales y longitudinales.

Junta Transversal. Cada vez que se reanude el trabajo, es necesario extender una tira de papel grueso, cartón u otro tipo de material transversalmente para que este reciba el ligante antes de empezar el tramo. De esta forma las juntas transversales quedarán con una junta transversal limpia y bien hecha conteniendo la cantidad de ligante y agregado requerido.

Junta Longitudinal. En este caso para la realización de la junta longitudinal, es necesario tener una precisión para poder realizar el traslape de las capas para que este reciba el ligante y el agregado necesario y no proveer de una sub-dotación de ligante y agregado. De esta forma las juntas longitudinales quedarán con una junta longitudinal limpia y bien hecha conteniendo la cantidad de ligante y agregados requeridos.

g) Pasado un promedio de 2 a 24 horas se recomienda barrer el exceso de material, que no quedó embebido en la emulsión asfáltica. h) Realizar la señalización vial en la calle.

Debido a que el tratamiento es doble, los pasos 3 a 5 serán repetidos para obtener el tratamiento superficial que se desea. Todos los equipos deben estar en adecuadas condiciones antes de que comience la construcción. Una adecuada provisión de agregados debiera estar disponible en el lugar de trabajo, o programarse a intervalos convenientes con adecuados camiones de transporte para permitir continuas operaciones de extendido. La necesaria cantidad de emulsión asfáltica también debiera almacenarse cerca del lugar de trabajo.

5.3. Problemas y soluciones de los TSD

5.3.1. Problemas

Las operaciones constructivas de tratamientos superficiales debieran evitarse durante periodos de tiempo frío, húmedo o lluvioso, ya que la emulsión asfáltica puede no romper o curar adecuadamente a bajas temperaturas y, consecuentemente, el asfalto no "retendrá" satisfactoriamente al agregado. Los tratamientos de superficie no debieran construirse cuando llueve, cuando amenace llover, o si la base se encuentra húmeda. El agua puede causar la pérdida, desde la capa de agregado a la emulsión parcialmente curada.

o de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

Dentro de los tratamientos superficiales puede haber una gran variedad de causas para el deterioro:

- Cuantitativamente (la intensidad de la carga del tránsito)
- Cualitativamente (la naturaleza del tratamiento y sus componentes)
- Aleatorio (condiciones climáticas, contaminación accidental).

Los problemas que se generan en los tratamientos superficiales pueden ser d dos tipos: por un deterioro temprano y por el tiempo.

5.3.1.1. Deterioro temprano de los TS

a) Desprendimientos o pérdida de agregados generalizados Posibles causas:

- Las exigencias del camino exceden la capacidad del tratamiento superficial.
- El ligante no es el adecuado para las condiciones del tránsito (la viscosidad o cohesión es muy baja).
- La tasa de aplicación de ligante es muy baja.
- La adhesión global entre el ligante y agregado es inadecuada, debido a condiciones en el camino como mucha humedad ya sea durante la aplicación o el periodo posterior a la aplicación.
- El tratamiento superficial es demasiado sensible a las condiciones de tránsito.
- El flujo del ligante en el acotamiento carece de emulsión (la emulsión es muy fluida).
- El agregado se aplicó hasta después de que la emulsión empezó a romper.
- La compactación no es suficiente.
- El camino es abierto al tránsito demasiado pronto.
- Llueve poco después de que el tratamiento superficial ha sido colocado y no se previó una desviación del agua o cubrir el tratamiento recién construido.
- Calidad variable de agregados, gradación o limpieza.

b) Estrías longitudinales Posibles Causas:

- Inadecuada altura de la barra de riego, originando un incorrecto traslape de los abanicos de riego.

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

- Cambio en la altura de la barra de riego, a medida que la carga del distribuidor disminuye.
- Las boquillas de la barra de riego no tienen el ángulo correcto, o no todas tienen el mismo ángulo, o tienen un tamaño incorrecto, o tienen diferentes tamaños, están obstruidas total o parcialmente, o tienen imperfecciones.
- Incorrecta velocidad o presión de la bomba de emulsión asfáltica.
- Emulsión asfáltica demasiado fría.
- La viscosidad de la emulsión asfáltica demasiado alta para las condiciones existentes y para los equipos.

c) Peladura. La totalidad de la capa de rodadura (agregado + ligante) se despega del soporte en placas de tamaño variable. Posibles causas:

- La base no se encuentra limpia y seca, o se encuentra contaminada durante la aplicación de la emulsión.
- Restos de ligante son agregados sobre la calzada y adheridos a los neumáticos, lo que provoca desprendimientos especialmente en las bandas de rodadura. Puede ser consecuencia de la concentración de asfalto en la superficie.

5.3.1.2. Deterioro por el tiempo de construcción de los tratamientos superficiales.

a) Desprendimientos en verano. Se producen en los periodos de mucho calor, en los que el ligante tiene poca cohesión debido a que es demasiado susceptible a la temperatura.

b) Exudación En esto caso la superficie es demasiado rica en asfalto. La exudación puede originar una condición riesgosa (superficie lisa, resbaladiza), especialmente durante tiempo húmedo. Posibles causas

- Una inadecuada aplicación de la distribución unitaria de la emulsión asfáltica.
- Inadecuada aplicación de agregados o presión de vapor de agua proveniente de la base o de la sub-rasante resultando en el afloramiento del asfalto.
- La exudación puede deberse también a una exudación preexistente de la vieja superficie.

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

5.3.1.3. Otras causas de deterioro.

Técnica incorrecta de construcción. La construcción incorrecta es causada por la falta de atención al detalle durante la ejecución del trabajo o mantenimiento defectuoso del equipo. Posibles causas:

- Definición insuficiente al principio o final de las franjas.
- Manchas o acumulaciones de ligante en el camino (ligante arrastrado por vehículos).
- Boquillas goteando (manchas).
- Desplazamiento errático del aspersor de ligante.
- Mal empalme de las juntas longitudinales.
- El borde de la carpeta no está alineado correctamente con el borde del pavimento.

5.3.1.4. Contaminación diversa.

Numerosos tipos de contaminación (materia orgánica, hidrocarburos) pueden tener consecuencias nefastas en los tratamientos superficiales.

5.3.1.5. Escarificaciones del tratamiento.

Pueden ser causadas por maquinaria equipada con ruedas macizas, o maquinaria pesada con un neumático desinflado. El mismo tipo de problema se puede producir debido a accidentes de tránsito

5.3.2. Soluciones.

Para prevenir el deterioro, se requiere un conocimiento detallado de las técnicas que pueden ocasionar los problemas anteriormente citados. Una vez que el daño se ha ocasionado, el costo de la reparación es generalmente considerable, comparado con el costo inicial de construcción. Las acciones correctivas apropiadas se pueden decidir si el defecto ha sido perfectamente identificado y la causa está bien entendida. Debido generalmente a la alta velocidad de degradación, la efectividad

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

del tratamiento correctivo depende del tiempo que tarde en llevarse a cabo dicho tratamiento.

a) Desprendimiento, pérdida de agregados y peladuras. Usualmente la perdida de agregado superficial es causada por un ligante defectuoso (la tasa de aplicación es muy baja y no logró la suficiente cohesión) o falta de adhesión (agregados sucios o una afinidad escasa entre el ligante y el agregado). Una solución posible es la conversión del tratamiento superficial en una multicapa mediante la aplicación de un solo sello de emulsión tan pronto como sea posible. Si llegara a llover durante la aplicación, el tratamiento superficial debe ser puesto a salvo mediante el desvió del tránsito y luego dispersando una capa y compactado en varias pasadas, en lo posible con compactador neumático.

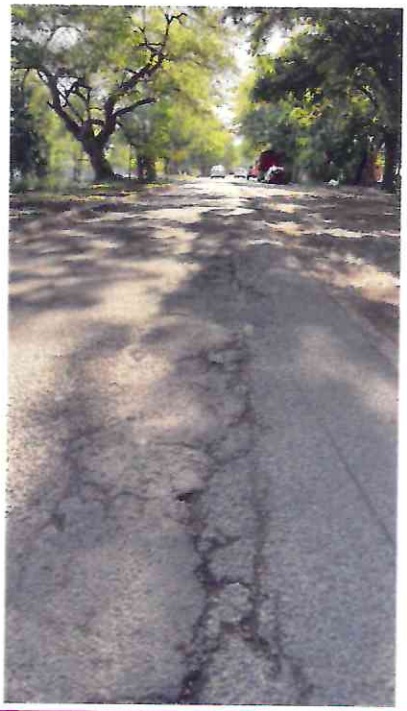
b) Exudación. Si la exudación es extensiva y ha llegado a la etapa de pelarse, no hay solución facilista y económica. Como adecuada solución se deberá raspar y remover la superficie existente y posteriormente aplicar un nuevo tratamiento superficial.

Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

6. ANEXOS





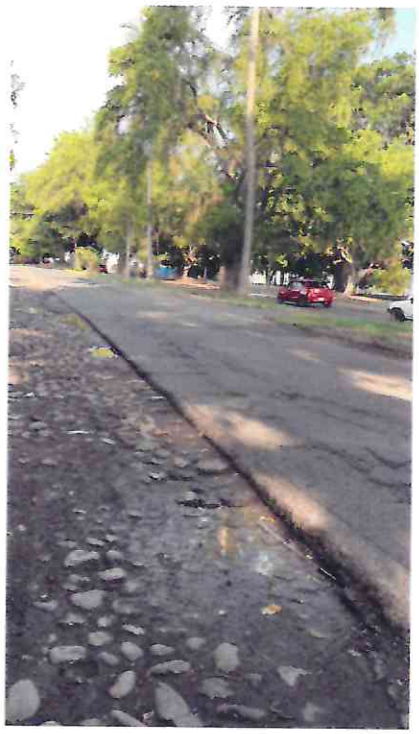
Laboratorio de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA











o de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos

DISEÑO DE PAVIMENTO CON ASFALTO PARA AV. NIÑOS HÉROES TRAMO AV. BENITO JUÁREZ A AV. PABLO SILVA

7. CONCLUSIONES

La propuesta que arroja el estudio es implementar un sistema TSD, mediante el cual cumpliríamos con todas las solicitaciones que el tipo de Tráfico y Volumen representan.

Adicionalmente, partiendo del precepto de que una carpeta elaborada a base de concreto asfáltico supera las condiciones de operación de un sistema TSD, se concluye aplicar una CARPETA ASFÁLTICA DE 5 cm de espesor utilizando el mismo ligante que se obtiene en este análisis, redundando en un mejor comportamiento y la atención de un Tránsito Diario Promedio Anual más robusto o extendiendo la vida útil del sistema.

ING. ULISES G. ARZOLA HERNANDEZ- director general

o de Materiales, Terracerías - Concretos - Asfaltos - Estudios de Mecánica de Suelos