

42ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

E. N. E. P. ARAGON

EMPLEO DE ADITIVOS EN LA ELABORACION
DE MEZCLAS ASFALTICAS



TRABAJO PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
PRESENTA:
JUAN H. CHINO FABIAN

MEXICO, D. F.

1990



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 está 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.

EMPLEO DE ADITIVOS EN LA ELABORACION DE
MEZCLAS ASFALTICAS.

I N D I C E

CAPITULO I.		PAG.
INTRODUCCION		1

CAPITULO II.

TIPOS DE ASFALTOS Y SU USO EN LA ELABORACION
DE CARPETAS.

2.1.- MATERIALES ASFALTICOS		3
2.2.- CLASIFICACION DE LOS MATERIALES ASFALTICOS		4
A) CEMENTOS ASFALTICOS		4
B) ASFALTOS REBAJADOS		5
C) EMULSIONES ASFALTICAS		6
2.3.- USO DEL ASFALTO EN LA ELABORACION DE CARPETAS PARA PAVIMENTOS		16
A) DEFINICION DE PAVIMENTO		16

B) TIPOS DE PAVIMENTOS	16
2.4.- FUNCIONES DE LAS CAPAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE	19
A) SUB-BASE	19
B) BASE	22
C) CARPETA ASFALTICA	25

C A P I T U L O I I I .

AFINIDAD DEL ASFALTO CON LOS MATERIALES PETREOS Y METODOS PARA MEJORARLA.

3.1.- ADHERENCIA	34
3.2.- CONDICIONES DE SUPERFICIE DE LOS MATERIALES ...	37
3.3.- METODOS PARA MEJORAR LA ADHERENCIA DEL ASFALTO CON LOS PETREOS	47
A) TRATAMIENTOS A LOS MATERIALES PETREOS	48
B) CAMBIOS DE PRODUCTO ASFALTICO	49
C) EMPLEO DE ADICIONANTES O ADITIVOS	50
3.4.- PRUEBAS DE AFINIDAD ENTRE EL MATERIAL PETREO Y EL ASFALTO	52
A) DESPRENDIMIENTO POR FRICCION	52
B) CUBRIMIENTO CON ASFALTO (METODO INGLES).....	53
C) DESPRENDIMIENTO DE LA PELICULA	54
D) PERDIDA DE ESTABILIDAD POR INMERSION EN AGUA	55

C A P I T U L O I V .

CARACTERISTICAS QUE SE PUEDEN MEJORAR MEDIANTE EL
USO DE ADITIVOS.

4.1.-	NORMAS DE CALIDAD	59
4.2.-	EMPLEO DE ADITIVOS	69
4.3.-	MANEJO Y APLICACION DE LOS ADITIVOS	70
	A) ADITIVOS APROPIADOS PARA EMPLEARSE CON ASFALTOS REBAJADOS	70
	B) ADITIVOS PARA CEMENTO ASFALTICO EN MEZCLAS ELABORADAS EN CALIENTE	71
4.4.-	ALMACENAMIENTO DE LOS PRODUCTOS ASFALTICOS.....	74
	A) ALMACENAMIENTOS PERMANENTES	75
	B) ALMACENAMIENTOS TRANSITORIOS	76
4.5.-	MENCION DE ALGUNOS ADICIONANTES PARA ASFALTO ..	78
	A) PRODUCTO CHEM-CRETE	78
	B) AZUFRE	79
	C) NEGRO DE CARBON	79
	D) HULE	80
	E) SILICONES	81

C A P I T U L O V .

PLANEACION DE INVESTIGACION PARA EVALUAR LA EFECTIVIDAD
DE ALGUNOS ADITIVOS.

5.1.- PLAN DE ESTUDIO PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE ADITIVOS PROMOTORES DE ADHERENCIA EN MEZCLAS ASFALTICAS	82
A) OBJETIVOS	33
B) DESARROLLO DEL ESTUDIO	84
C) PROGRAMA DE PRUEBAS	35
5.2.- PLAN DE ESTUDIO PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE UN ADITIVO PROMOTOR DE TRABAJABILIDAD EN MEZCLAS ASFALTICAS	87
A) OBJETIVOS	88
B) DESARROLLO DEL ESTUDIO	89
C) PROGRAMA DE PRUEBAS	89

C A P I T U L O V I .

REALIZACION DE LA INVESTIGACION

6.1.- ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE ADITIVOS PROMOTORES DE ADHERENCIA EN MEZCLAS ASFALTICAS	91
6.2.- ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL ADITIVO RQI-109, PROMOTOR DE TRABAJABILIDAD EN MEZCLAS ASFALTICAS	106

C A P I T U L O V I I .

CONCLUSIONES.	115
BIBLIOGRAFIA	117

C A P I T U L O I .

INTRODUCCION.

El presente trabajo se elaboró con la finalidad de dar una visión general de los aditivos para asfaltos que se utilizan fundamentalmente en los trabajos de pavimentación de carreteras y aeropuertos, pudiendo resultar de interés para los técnicos e ingenieros encargados de obras, así como los laboratorios que tengan relación directa o indirecta, con trabajos de pavimentación.

Los adelantos de la tecnología moderna se mantienen en una constante evolución, por lo que la capacitación de los profesionales de las distintas ramas es una necesidad básica para quienes participan en el desarrollo de México.

Un renglón muy importante en nuestra economía es la infraestructura carretera, tarea encomendada a la ingeniería civil, cuyos avances nos proporcionan una red caminera que permite el tránsito de los productos nacionales hasta diferentes rincones de la Republica Mexicana. Por ello, México desarrolla al máximo de sus posibilidades una extensa red de caminos de todas categorías, mismos que constituyen un factor importante en el desarrollo económico del país.

El desarrollo de las vías terrestres y de los vehículos de

transporte puede decirse que se debe en gran parte a la -
aparición del asfalto, en un principio proveniente sólo de
depósitos naturales y posteriormente como un subproducto -
de la destilación del petróleo crudo.

En la actualidad se cuenta con una suficiente variedad de
productos asfálticos, así como procedimientos debidamente
Normatizados para la elaboración, tendido y compactación -
de mezclas asfálticas durante la construcción, conserva --
ción, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos asfál-
ticos. No obstante a ello, se presentan problemas en obra
debidos a muy diversas causas, tales como; falta de afini-
dad entre los materiales pétreos y el asfalto, escasa tre-
bajabilidad de las mezclas asfálticas por las bajas tempe-
raturas imperantes al momento de tenderlas, escasa estabi-
lidad de la mezcla una vez tendida y compactada, etc.

El empleo de aditivos para asfalto, suele ser en muchos --
casos la solución a dichos problemas, por tal motivo se --
presenta en este trabajo, una recopilación de la informa -
ción que actualmente existe sobre el uso de estos produc -
tos, con algunas experiencias y comentarios relativos al -
empleo de los mismos en nuestro medio.

C A P I T U L O I I .

TIPOS DE ASFALTOS Y SU USO EN LA ELABORACION DE CARPETAS.

2.1.- MATERIALES ASPALTICOS. - El asfalto es un material bituminoso, sólido o semisólido con propiedades aglutinantes y que se licúa gradualmente al calentarse. El asfalto está constituido principalmente por asfaltenos, resinas y aceites; estos constituyentes le dan al asfalto sus características de consistencia, poder de aglutinación y ductilidad.

Químicamente, el asfalto es una mezcla de hidrocarburos obtenidos en el proceso de la destilación del petróleo crudo. Tal proceso de destilación se puede efectuar de dos maneras: natural o artificial. La primera ocurre cuando se presentan fracturas, grietas o fallas en las rocas impermeables que constituyen la parte superior de los yacimientos petrolíferos. En este caso el petróleo líquido tiende a salir a la superficie, cambiando sus condiciones de presión y temperatura, perdiendo sus componentes volátiles, transformándose entonces en asfalto.

En la destilación artificial del petróleo van apareciendo diferentes productos, tales como: gases, gasolina, tractolina (petróleo diáfano o kerosina), die-

sel, aceites ligeros, aceites pesados, grasas, parafinas, etc., y por último el cemento asfáltico, que es el residuo de la destilación.

El asfalto es quizás, el más útil y universal de los materiales bituminosos para construcción que se tienen a nuestro alcance.

Las más remotas noticias que se tienen del asfalto - por el hombre, datan de los habitantes prebabilónicos del valle de Eufrates. Los Persas (2800-2500 a. c.) lo emplearon como sustancia ligante y decorativa y los Egipcios para embalsamar a los muertos. Los textos bíblicos (Génesis VI.14) refieren que Noé --- celsateó el arca con asfalto; la torre de Babel fué construída con ladrillo, piedra y asfalto como mortero; en época más reciente Marco Polo menciona la existencia de un templo construído con la técnica --- Babilónica usando asfalto como material cementante.

2.2.- CLASIFICACION DE LOS MATERIALES ASPALTICOS.

A) CEMENTOS ASPALTICOS.- Son los residuos de la destilación del petróleo para eliminar a éste sus --- solventes volátiles, así como parte de los aceites. Las penetraciones de éstos materiales fluctúan entre cuarenta (40) y trescientos (300) gra-

dos.

B) ASPALTOS REBAJADOS.- Estos son productos obtenidos por incorporación a los cementos asfálticos de disolventes hidrocarbonados, los cuales deben ser de naturaleza compatible con la del cemento asfáltico para evitar que se produzca precipitación de asfaltenos. Frecuentemente se utilizan disolventes procedentes del mismo crudo asfáltico.

Los asfaltos rebajados de fraguado rápido (FR) , son aquellos que resultan de rebajar el cemento asfáltico con destilados de volatilización rápida como la nafta o gasolina.

Los rebajados de fraguado medio (FM), son el resultado de rebajar el cemento asfáltico con kerosina.

Los asfaltos rebajados de fraguado lento (FL) , son el resultado de rebajar el cemento asfáltico con destilados de volatilización lenta, como el diesel o aceite ligero.

El grado de fluidéz de los rebajados asfálticos se indica acompañando a las iniciales con una cifra. Los rebajados más fluidos se consideran de

grado cero (0), así tenemos los rebajados PR-0 ,
FR-0 y FL-0. Con los números 1,2,3 y 4, se designan rebajados progresivamente más viscosos o menos fluidos, ya que contienen un mayor porcentaje de cemento asfáltico.

Independientemente del tipo de rebajado, los porcentajes de cemento asfáltico contenido en la solución asfalto-solvente se muestran en la tabla - núm. II-1.

- C) EMULSIONES ASPALTICAS.- Son materiales asfálticos líquidos estables, formados por dos fases no miscibles en las que la fase continua de la emulsión está formada por agua y la fase discontinua está formada por pequeños glóbulos de asfalto. Dependiendo del emulsificante, las emulsiones asfálticas pueden ser aniónicas, si los glóbulos de asfalto tienen carga eléctrica negativa o bien, catiónicas si los glóbulos de asfalto tienen carga eléctrica positiva. Las emulsiones asfálticas -- pueden ser de rompimiento rápido, medio o lento.

Las emulsiones asfálticas para carpetas son emulsiones de las llamadas directas (aceites en agua) constituidas por cemento asfáltico dispersado en agua.

Emulsiones aniónicas.- Derivan su nombre del hecho de que cuando se sumergen dos polos eléctricos en tales emulsiones, los glóbulos de asfalto se dirigen hacia el ánodo o electrodo positivo, lo cual es una consecuencia del emulsificante utilizado.

Emulsiones catiónicas.- Se les llama así por que a la inversa de lo que sucede con las emulsiones aniónicas, es hacia el cátodo o electrodo negativo al que se dirigen los glóbulos de asfalto, al sumergirles los polos eléctricos.

Los productos asfálticos ya definidos (cementos, rebajados y emulsiones) deberán satisfacer las características correspondientes, mismas que se presentan en las tablas núms. II-2, II-3, II-4, II-5, II-6, II-7 y II-8. Estos requisitos los establece la SCT en sus Normas de Construcción vigentes.

P R O D U C T O	Asfalto (%)	Solvente (%)	
FR, FM y FL	0	50	50
	1	60	40
	2	67	33
	3	73	27
	4	78	22

Tabla II-1.- Porcentajes de asfalto y solventes en los rebajados asfálticos.

Tabla II-2 Cementos asfálticos

C A R A C T E R I S T I C A S	CEMENTO ASFALTICO			
	Núm. 3	Núm. 6	Núm. 7	Núm. 8
Penetración, 100g, 5seg, 25°C, grados ..	180-200	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt-Furol:				
A 135°C, segundos, mínimo	60	85	100	120
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C, mínimo	220	232	232	232
Punto de reblandecimiento, °C	37-43	45-52	48-56	52-60
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo	60	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la película delgada, 50 cm ³ 5 horas, 163 °C:				
Penetración retenida, por ciento, mínimo	40	50	54	58
Pérdida por calentamiento, por ciento, máximo	1.4	1.0	0.8	0.8

Tabla II-3 Asfaltos rebajados de fraguado rápido

CARACTERISTICAS	GRADC				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO					
Punto de inflamación (copa abierta de Tag), °C, mínimo				27	27
Viscosidad saybolt-Furoel:					
A 25°C, segundos	75-150				
A 50°C, segundos		75-150			
A 60°C, segundos			100-200	250-500	
A 82°C, segundos					125-250
Destilación: Por ciento del total destilado a 360°C.					
Hasta 190°C, Por ciento, mínimo	15	10			
Hasta 225°C, mínimo	55	50	40	25	8
Hasta 260°C, mínimo	75	70	65	55	40
Hasta 315°C, mínimo	90	88	87	83	80
Residuo de la destilación a 360°C, por ciento del volumen total por diferencia mínimo	50	60	67	73	70
Agua por destilación, por ciento, máx. .	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, Grados	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Ductilidad en centímetros, mínimo	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Tabla II-4 Rebajados asfálticos de fraguado medio

CARACTERÍSTICAS	GRADO				
	FM-0	FM-1	FM-2	FM-3	EM-4
PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO					
Punto de inflamación (copa abierta de Tag), °C mínimo	38	38	66	66	66
Viscosidad Saybolt-Furol:					
A 25°C, segundos	75-150				
A 50°C, segundos		75-150			
A 60°C, segundos			100-200	250-500	
A 82°C, segundos					125-250
Destilación: Por ciento del total destilado a 360°C					
Hasta 225°C, máximo	25	20	10	5	0
Hasta 260°C,	40-70	25-65	15-55	5-40	30 máx.
Hasta 315°C,	75-93	70-90	60-87	55-85	40-80
Residuo de la destilación a 360°C. Por ciento del volumen total por diferencia, mínimo	50	60	67	73	70
Agua por destilación, por ciento, máx.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, grados	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
Elasticidad en centímetros, mínimo	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono por ciento, mínimo	95.5	99.5	95.5	99.5	99.5

Tabla II-5. Asfaltos rebajados de fraguado lento

CARACTERISTICAS	GRADO				
	FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO					
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C, mínimo.....	66	66	80	93	107
Viscosidad Saybolt-Furol:					
A 25°C, segundos	75-150				
A 50°C, segundos		75-150			
A 60°C, segundos			100-200	250-500	
A 82°C, segundos					125-250
Destilación: Destilado total a 360°C, por ciento en volumen					
	15-40	10-30	5-25	2-15	10 Máx.
Agua por destilación, por ciento, máx.					
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Residuo asfáltico de 100 grados de penetración, por ciento, mínimo					
	40	50	60	70	75
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Flotación en el residuo de la destilación, a 25°C, segundos					
	15-100	20-100	25-100	50-125	60-150
Ductilidad del residuo asfáltico de 100 grados de penetración, 25°C, cm. mín.					
	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono por ciento, mínimo					
	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

- 2 -

Tabla II-6 Emulsiones asfálticas aniónicas

CARACTERÍSTICAS	GRADO				
	RR-1	RR-2	RL-2	RL-1	RL-2
PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO					
Viscosidad Saybolt-Furol a 25°C, seg. .	20-100		100 mín.	20-100	20-100
Viscosidad Saybolt-Furol a 50°C, seg. .		75-400			
Asentamiento en 5 días, diferencia en por ciento, máximo	3	3	3	3	3
Demulsibilidad:					
35 ml de 0.02N CaCl ₂ , por ciento, mín...	60	50			
50 ml de 0.10N CaCl ₂ , por ciento, máx...			30		
Retenido en la malla N ^o 20, por ciento, máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Miscibilidad con cemento Portland, por ciento, máximo				2.0	2.0
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, 25°C, 100 gramos, 5 segundos, grados	100-200	100-200	100-200	100-200	40-90
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo	40	40	40	40	40

Nota: La viscosidad de las emulsiones no debe de aumentar mas de 30% al bajar su temperatura de veinte grados Celsius (20°C) a 10°C, ni bajar más de 30% al subir su temperatura de 20°C a 40°C.

Tabla II-7 Emulsiones asfálticas catiónicas

CARACTERÍSTICAS	GRADO					
	Romp. rápido		Romp. medio		Romp. lento	
	RR-2K	MH3K	RM-2K	RM-3K	RL-2K	RL-3K
PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO						
Viscosidad Saybolt-Furol, 25°C, seg.					20-100	20-100
Viscosidad Saybolt-Furol, 50°C, seg.	20-100	100-400	50-500	50-500		
Residuo de la destilación, por ciento en peso, mínimo	60	65	60	65	57	57
Asentamiento en 5 días, diferencia en por ciento, máximo	5	5	5	5	5	5
Retenido en la malla N ^o 20, por ciento, máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cubrimiento del agregado (en condiciones de trabajo). Prueba de resistencia al agua						
Agregado seco, por ciento de cubrimiento, mínimo			80	80		
Agregado húmedo, por ciento de cubrimiento, mínimo			60	60		
Dispersibilidad con cemento Portland, por ciento, máximo					2	2
Carga de la partícula	(+)	(+)	(+)	(+)		
pH, máximo					6.7	6.7
Disolvente en volumen, % máx.	3	3	20	12		

Tabla II-8 Emulsiones asfálticas catiónicas

C A R A C T E R I S T I C A S	G R A D O					
	Romp. rápido		Romp. medio		Romp. lento	
	RR-2K	RR-3K	RM-2K	RM-3K	RL-2K	RL-3K
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION						
Penetración, 25°C, 100g, 5 sec., grados..	100-250	100-250	100-250	100-250	100-200	40-90
Solubilidad en tetracloruro de carbono por ciento, mínimo	97	97	97	97	97	97
Eustilidad, 25°C, cm, mínimo	40	40	40	40	40	40

Nota: La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar más de treinta por ciento (30%) al bajar su temperatura de veinte grados Celsius (20°C) a diez grados Celsius (10°C), ni bajar más de treinta por ciento (30%) al subir su temperatura de veinte grados Celsius (20°C) a cuarenta grados Celsius (40°C).

51

2.3.- USO DEL ASFALTO EN LA ELABORACION DE CARPETAS PARA PAVIMENTOS.

- A) DEFINICION DE PAVIMENTO.- Es un conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben las cargas del tránsito y las transmiten adecuadamente distribuidas hacia las capas inferiores y constituyen la superficie de rodamiento para que los vehículos tengan un tránsito cómodo.
- B) TIPOS DE PAVIMENTOS.- Los pavimentos se clasifican en rígidos y flexibles.

Pavimentos rígidos.- Son aquellos que cuentan con una superficie de rodamiento proporcionada por una losa de concreto hidráulico, donde:

- Los esfuerzos se transmiten a las capas inferiores mediante la acción de losa.
- Las losas adyacentes también ayudan a soportar las cargas mediante las juntas.
- No permite deformaciones de las capas inferiores sin que se produzca la falla.
- La distribución de esfuerzos es rápida.

Pavimentos flexibles.- Son aquellos que cuentan con una superficie de rodamiento proporcionada --

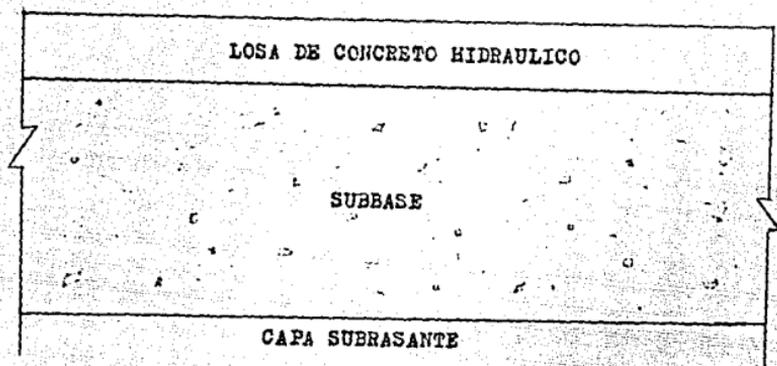


Fig. II-1 Capas que forman un pavimento rígido.

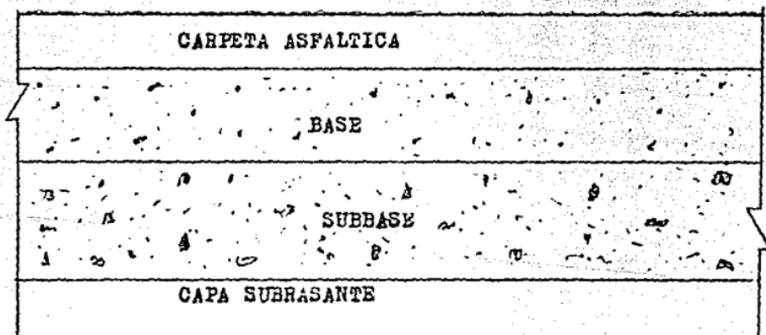


Fig. II-2 Capas que forman un pavimento flexible.

por una carpeta asfáltica, donde:

- La transmisión de esfuerzos es por fricción y cohesión, de partícula a partícula.
- Permiten pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que se produzca la falla.
- La distribución de esfuerzos es lenta.

2.4.- FUNCIONES DE LAS CAPAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.

A) SUB-BASE.- Es una capa de materiales pétreos seleccionados que cuando se requiere, se construye entre la capa subrasante y la base, sus funciones son:

- Transmitir los esfuerzos debidamente distribuidos a la capa subrasante.
- Constituir una capa de transición entre los materiales de la base y de la capa subrasante, de modo tal que evite la contaminación y la interpenetración de dichos materiales.
- Disminuir efectos perjudiciales en el pavimento, ocasionados por cambios volumétricos y rebote elástico del material de las terracerías o del terreno de cimentación.
- Reducir el costo del pavimento, ya que es una capa que por estar bajo la base queda sujeta a

menores esfuerzos y requiere de especificaciones menos rígidas, mismas que pueden satisfacerse con un material más barato que el de la base.

- Contribuir en algunos casos al drenaje de la carretera.

Las características de calidad que deben cumplir los materiales que se utilicen para sub-base son principalmente.

Granulometría.- La curva granulométrica del material deberá estar comprendida entre los límites inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3 de la figura II-3.

La curva deberá afectar una forma semejante a las de las curvas que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente. La relación del porcentaje en peso que pase la malla núm. 200 al que pase la malla núm. 40, no deberá ser mayor de sesenta y cinco centésimos (0.65).

La granulometría para sub-base no es un factor decisivo para la aceptación o rechazo de los materiales.

De contracción lineal, valor cementante, valor relativo de soporte y equivalente de arena, los valores fijados en la tabla II-9.

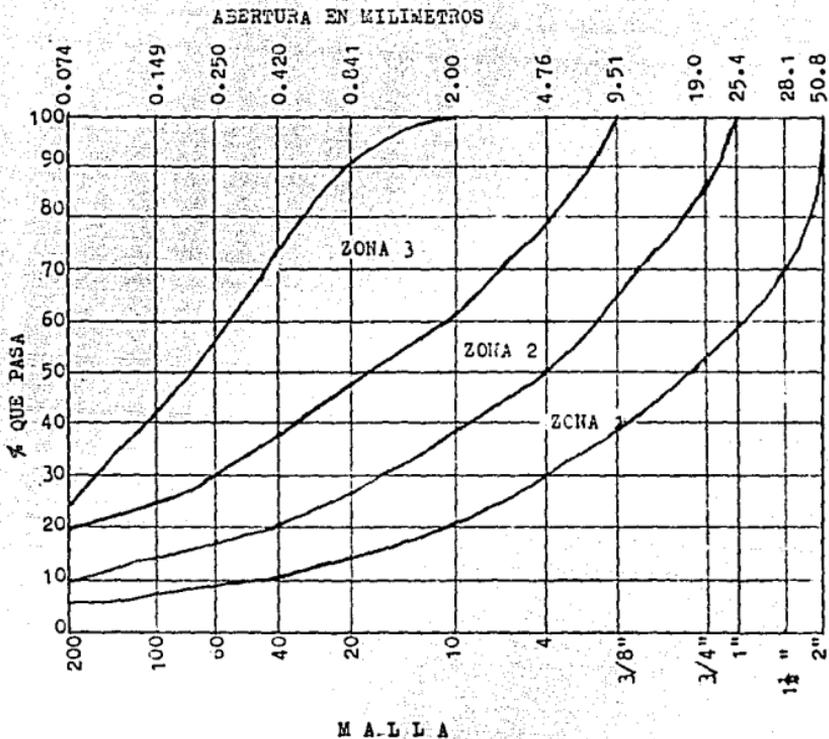


Fig. II-3 Zonas de especificaciones granulometricas para materiales de sub-base y base.

CARACTERISTICAS	CLASIFICACION DEL MATERIAL DE ACUERDO A SU GRANULOMETRIA.		
	ZONA I	ZONA 2	ZONA 3
Contracción lineal, en por ciento.....	6.0 Máx.	4.5 Máx.	3.0 Máx.
Valor cementante para materiales angulosos, kg/cm^2 ...	3.5 Mín.	3.5 Mín.	2.5 Mín.
Valor cementante para materiales redondeados y lisos en kg/cm^2	5.5 Mín.	4.5 Mín.	3.5 Mín.
Valor relativo de soporte estandar saturado en por ciento.....	50 Mín.	50 Mín.	50 Mín.
Equivalente de arena en por ciento	20 Mín. (tentativo)	20 Mín. (tentativo)	20 Mín. (tentativo)

Tabla II-9. Características para materiales de sub-base.

El tamaño máximo de las partículas del material no deberá ser mayor de cincuenta y un (51) milímetros (2").

- B) BASE.- Es una capa de materiales seleccionados -- que se construye sobre la sub-base y ocasionalmente sobre la capa subrasante, limitada en su parte superior por la carpeta asfáltica. Su función es la de soportar apropiadamente las cargas transmitidas por los vehículos a través de la carpeta y distribuir los esfuerzos a la sub-base o capa subrasante, de tal forma que no les produzca deformaciones perjudiciales.

La curva granulométrica del material que se utiliza para base, deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3 de la figura núm. II-3. Preferentemente, deberán emplearse materiales cuya curva granulométrica se localice en las zonas 1 ó 2.

La curva deberá afectar una forma semejante a las de las curvas que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente y la relación de porcentaje en peso que pase la malla núm. 200 al que pase la malla núm. 40, no deberá ser mayor de

sesenta y cinco centésimos (0.65).

En lo referente a contracción lineal, valor cementante, valor relativo de soporte y equivalente de arena, los materiales para base deberán cumplir con los valores que se presentan en la tabla núm. II-10.

Si un material que se pretende utilizar para base cumple con estos valores, será acentable aún cuando la forma de su curva granulométrica no sea semejante a la que marcan las fronteras de las zonas 1, 2 y 3.

En el caso que el material no cumpliera con estos valores se puede mejorar la granulometría para -- así obtener una mejor resistencia.

C) CARPETA ASFALTICA.- Es una capa o conjunto de capas que se colocan sobre la base, constituidas -- por materiales pétreos y un producto asfáltico. Su función es la de proporcionar al tránsito una superficie estable, practicamente impermeable, -- uniforme y de textura apropiada. Las carpetas asfálticas se clasifican en:

- Carpetas por el sistema de riegos
- Carpetas por el sistema de mezcla en el lugar o en frío.
- Carpetas por el sistema de mezcla en caliente o en planta.

Carpetas por el sistema de riegos.- Consisten en capas sucesivas de riegos de asfalto, cubiertas -- cada una de ellas con materiales pétreos gradua- dos. Este tipo de carpetas puede ser de uno, dos o tres riegos. La forma de construir las es la si- guiente.

Sobre la base previamente impregnada se da un pri- mer riego con producto asfáltico del tipo y la -- cantidad por metro cuadrado fijados, en seguida -- se cubre el riego con una capa de material pétreo del núm. 1, se da un rastreo para esparcir el ma- terial, luego se da una pasada con el equipo de --

compactación para acuarlo. Hasta aquí se termina el procedimiento para la construcción de carpetas de un riego.

Para las carpetas de dos riegos, se repite la operación anterior, con la diferencia de que el material pétreo a utilizar será del núm. 2.

Para las carpetas de tres riegos, se vuelve a repetir el procedimiento, solo que esta vez el material pétreo será del núm. 3.

Riego de sello.- Consiste en una capa de material asfáltico que se cubre con una capa de material pétreo, generalmente del núm. 3, para impermeabilizar carpetas, protegerlas del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante. El procedimiento de construcción de un riego de sello es semejante al de las carpetas de un riego, solo que estas se colocan sobre una base y aquel sobre carpetas nuevas o antiguas.

Los materiales pétreos que se emplean en la construcción de carpetas asfálticas por el sistema de riegos o para riegos de sello, se denominarán y cumplirán con las especificaciones indicadas en la tabla núm. II-11:

DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO	POR CIENTO QUE PASA LA MALLA								
	32.0 mm	25.4 mm	19.0mm	12.7 mm	9.51mm	6.35mm	4.76 mm	2.38mm	0.42mm
1	100	95 Mfn.		5 Máx.		0			
2			100	95 Mfn.		5 Máx.		0	
3-A				100	95 Mfn.			5 Máx.	0
3-B					100	95 Mfn.		5 Máx.	0
3-E				100	95 Mfn.		5 Máx.	0	

Tabla II-1) Especificaciones granulométricas para materiales pétreos que se empleen en carpetas asfálticas por el sistema de riegos o para riegos de sello.

De desgaste Los Angeles	30 % Máx.
De intemperismo acelerado	12 % Máx.
De partículas alargadas	35 % Máx.
De partículas planas	35 % Máx.

Las cantidades de materiales pétreos y de material asfáltico que se recomiendan para la construcción de carpetas mediante el sistema de riegos, dadas en litros por metro cuadrado, estarán comprendidas dentro de los límites que se indican en las tablas núms. II-12 y II-13.

Carpetas de mezcla en el lugar o en frío.- Estas mezclas se elaboran utilizando materiales pétreos cuya granulometría queda comprendida en las zonas indicadas en la figura núm. II-4. La curva granulométrica del material pétreo deberá afectar una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas, por lo menos en las dos terceras partes de su longitud, sin presentar cambios bruscos de pendiente.

De contracción lineal para curva granulométrica en la zona 1.

3 % Máx.

CONCEPTO	DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO	
I Material pétreo	1er. Riego N° 2	2o. Riego N° 3-B
1) Granulometría		
A) Que pase la malla de	12.7 mm	6.3 mm
B) Que quede retenido en la malla de.....	6.3 mm	N° 8
2) Dosificaciones lt/m ²	8-12	6-8
II Material asfáltico		
1) Cemento asfáltico.....	0.6-1.1	0.8-1.1
2) FR-3	0.8-1.5	1.1-1.5
3) FR-4	0.8-1.4	1.0-1.4
4) Emulsión catiónica o aniónica	0.8-1.0	1.0-1.5

Tabla II-12. Dosificaciones de materiales pétreos y asfálticos para carpetas de dos (2) riegos.

CONCEPTO	DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO		
I Material pétreo	1er. Riego No. 1	2o. Riego No. 2	3er. Riego 3 - B
1) Granulometría			
A) que pase la malla..	25.4 mm	12.7 mm	6.3 mm
B) Que quede retenido en la malla de	12.7 mm	6.3 mm	No. 8
2) Dosificación	20 a 25	8 a 12	6 a 8
II Material asfáltico			
1) Cemento asfáltico	0.6-1.1	1.0-1.4	0.7-1.0
2) FR-3	0.8-1.5	1.3-1.9	0.9-1.3
3) FR-4	0.8-1.4	1.2-1.8	0.9-1.2
4) Emulsión catiónica o aniónica	0.8-1.0	1.0- 1.5	1.0-1.5

Tabla II-13. Dosificaciones de materiales pétreos y asfálticos para carpetas de tres (3) riegos.

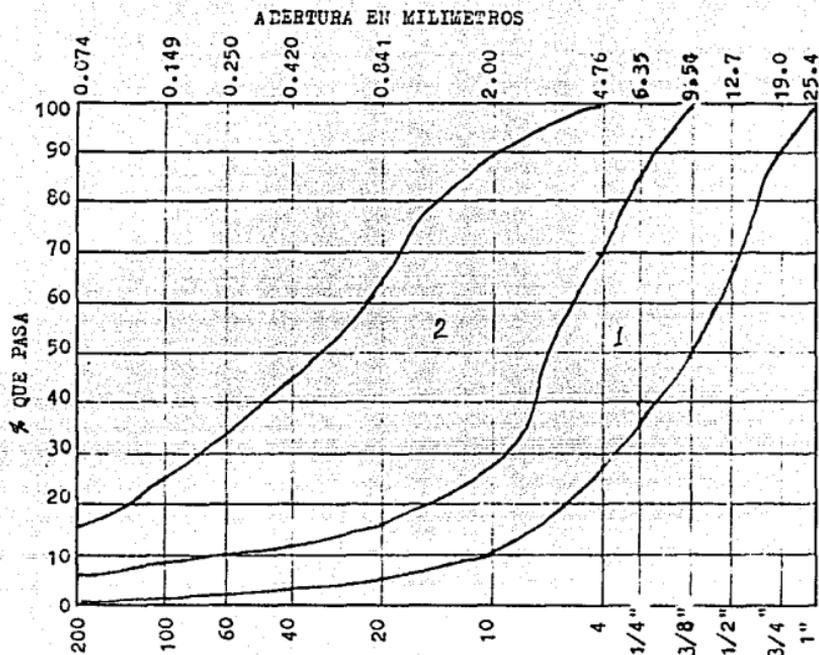


Fig. Núm. II-4 Zonas de especificaciones granulométricas para materiales que se emplean en mezclas asfálticas en el lugar.

De contracción lineal para curva granulométrica en la zona 2.	2 % Máx.
De desgaste Los Angeles	40% Máx.
De partículas alargadas	35% Máx.
De partículas planas	35% Máx.
Equivalente de arena	55% Mín.

Carpetas por el sistema de mezcla en caliente o en planta.- Este tipo de carpetas se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas asfálticas elaboradas en caliente en plantas estacionarias, utilizando materiales pétreos y cemento asfáltico.

A bajas temperaturas este tipo de carpetas es de poca resistencia y de ruptura frágil, por lo que se debe construir sobre bases rigidizadas con cal hidratada o cemento portland o bien; sobre bases asfálticas, de la forma que se indica en la figura núm II-5.

Figura II-5. Capas que forman un pavimento flexible con carpeta de concreto asfáltico.

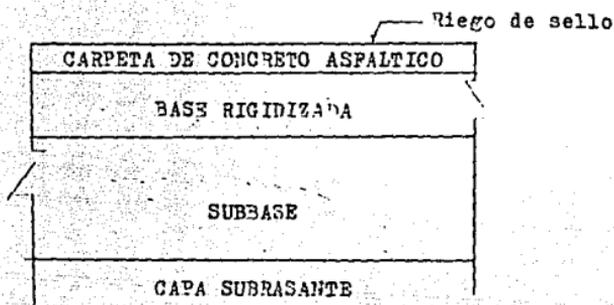
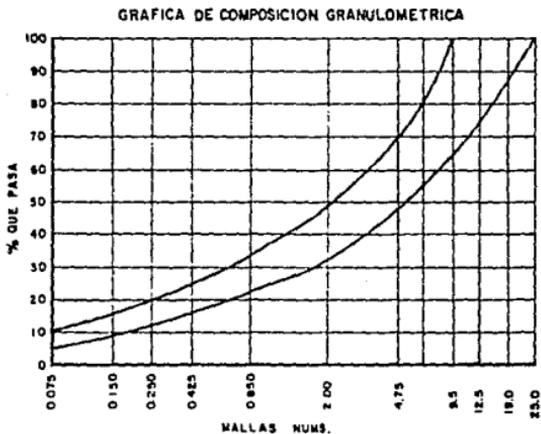


Figura II-6. Granulometría de material pétreo para concreto asfáltico.



La curva granulométrica del material pétreo para concreto asfáltico (mezcla en caliente o en planta), en términos generales deberá quedar comprendida en la zona limitada por las dos curvas de la figura II-6.

De contracción lineal	2 % Máx.
De desgaste Los Angeles	40% Máx.
De partículas alargadas	35% Máx.
De partículas planas	35% Máx.
De equivalente de arena	55% Mín.

C A P I T U L O I I I .

AFINIDAD DEL ASPALTO CON LOS MATERIALES PETREOS Y METODOS PARA MEJORARLA.

- 3.1.- ADHERENCIA.- La adherencia de un producto asfáltico con un agregado pétreo, está determinada por la resistencia que presenta el ligante a desprenderse del material cuando ha sido aplicado a éste.

Esta definición parece muy simple y clara, y uno se podría imaginar que para conocer la adherencia es suficiente con cubrir el material pétreo con el ligante, en condiciones determinadas y ver cual es el esfuerzo que se requiere aplicar para romper la adherencia, es decir; para romper el ligante y dejar al descubierto el material.

En realidad el asunto no es tan sencillo , debido a la dificultad de poder contar con un método de medición. No es posible, por ningun procedimiento mecánico de tracción, cizallamiento o torsión, provocar el desprendimiento de la película del ligante, salvo en casos particulares en que no haya habido una buena adherencia, ya sea a causa de la presencia de agua o de impurezas en la frontera agregado-asfalto, o bien; por que el ligante no haya sido lo suficien-

temente fluido para poder mojar el agregado, condición necesaria para que se desarrolle la adherencia.

Cuando se ha logrado una correcta adherencia, no es posible obtener un desprendimiento por acción mecánica y se presenta siempre una ruptura en la masa del ligante, por el hecho de que el ligante ofrece menor resistencia de cohesión interna que la que ofrece la adherencia del mismo con los materiales pétreos.

Un ligante suave y fluido se rompe como consecuencia de su débil viscosidad, que permite el flujo y el -- vencimiento de su cohesión; por el contrario, un ligante duro se romperá por un desgarramiento en su ma sa.

Es necesario marcar la diferencia entre la adherencia de un ligante y la facultad de mojado que ésta -- posee. Esta facultad es solamente una condición pre via y necesaria para lograr una buena adherencia.

La facultad de mojado de un ligante hacia un mineral es la aptitud de las moléculas móviles del ligante -- para entrar en contacto con las moléculas del materi al, y para establecer ligas con estas últimas en razón de las fuerzas intermoleculares que en la fron te ra de las dos fases rigidizan las capas de las dife-

rentes moléculas en contacto. Por lo tanto es necesario que exista afinidad entre las moléculas del liante y las del material pétreo, para que la adherencia tenga lugar.

La afinidad entre un producto asfáltico y un material pétreo es la propiedad que permite que el asfalto moje al pétreo para que después pueda desarrollarse una buena adherencia en la frontera de ambos. Si no existe afinidad, no puede haber adherencia.

La afinidad es característica muy importante en la construcción de pavimentos asfálticos; esta propiedad depende de varios factores como son: Las condiciones de superficie del agregado pétreo, la viscosidad del producto asfáltico al momento de su aplicación y la rugosidad de la superficie del agregado pétreo.

La falta de afinidad provoca una mala adherencia que a su vez pone en peligro la duración de una carpeta o base asfáltica, aumentándose generalmente esta condición adversa en presencia de agua. Puede decirse que la mala adherencia se asocia con un bajo poder de aglutinación del producto asfáltico, originando así el desprendimiento del material pétreo, o bien; el desgranamiento de la mezcla asfáltica.

3.2.- CONDICIONES DE SUPERFICIE DE LOS MATERIALES.- Las características de afinidad de un material pétreo con un producto asfáltico, depende de la naturaleza del propio material pétreo y de las cargas eléctricas en la superficie de sus partículas, las cuales llegan a sufrir alteraciones, como por ejemplo: cuando se rompe un fragmento de roca, es común observar que inmediatamente despues de ocurrir la fracturación cualquier partícula posee en las nuevas superficies, un sinnúmero de cargas eléctricas en desequilibrio, las cuales despues de efectuarse ciertas reacciones químicas, se neutralizan y dejan en la superficie de los fragmentos una característica de carga igual a la que inicialmente tenía la roca. Pongamos por caso el de una roca caliza tipificada como agregado electropositivo o básico, la cual está formada principalmente por carbonato de calcio; si se fractura dicha roca, se rompen sus ligas químicas electrostáticas y se presentan cargas desequilibradas en las nuevas superficies que se forman.

Cuando las ligas electrostáticas se rompen, resulta un número igual de cargas electrostáticas en desequilibrio de iones de calcio y de carbono, las cuales pueden llegar a neutralizarse por la acción de hidratación que ocurriría si las partículas quedasen expuestas en un ambiente húmedo; si ésta condición de

humedecimiento continúa, la superficie de la partícula tiende a absorber dióxido de carbono del que se encuentra disuelto en el agua, la cual a su vez lo absorbe rápidamente del que se encuentra en la atmósfera, por lo cual si éste proceso continúa después de cierto tiempo, las superficies eléctricas de los pequeños fragmentos de roca caliza, presentarán características similares a las de la superficie original. De ésta manera el resultado es que, independientemente de que el desequilibrio de la carga sea positivo o negativo después de ocurrida la fracturación del agregado, la superficie final toma la carga inicial del mismo, que en éste caso es electropositiva.

Aunque las reacciones químicas son diferentes, un fenómeno parecido podrá ocurrir en el caso de la sílice y el cuarzo, que son agregados electronegativos o ácidos, consistentes en compuestos complejos de silicio y oxígeno; la fracturación en éstos, rompe las ligas entre sus elementos y produce cargas en desequilibrio, las cuales pueden ser también neutralizadas por hidratación, pero después de ocurrida ésta y continuar en presencia de agua, se disocian en grupos que le dan a la nueva superficie de la partícula su carácter electronegativo igual al que tenía originalmente.

Es muy difícil encontrar en la naturaleza materiales pétreos que sean totalmente electropositivos o electronegativos; en vez de ellos, la mayor parte de las rocas tienen elementos que hacen que los dos tipos - de cargas existan en su superficie. De este modo, - una nueva superficie producida por fracturación, tendrá una mezcla de cargas electropositivas y electronegativas, dando origen a materiales pétreos que se clasifican como de tipo intermedio.

Como ya se ha mencionado, en la naturaleza. la mayor parte de los materiales pétreos tienen ambos tipos - de carga en su superficie, de tal modo que cada uno ocupa una posición intermedia, representando un extremo la caliza y el otro la sílice, como se indica en la figura núm. III-1.

Generalmente cuando un líquido y un sólido se ponen en contacto, el líquido: a), puede no cubrir ni mojar la superficie sólida; b), puede cubrir la superficie sin mojarla; o c), puede cubrir y mojar la superficie. El grado de cubrimiento, mojado y desprendimiento es una función de la tensión interfacial de las fases involucradas. Generalmente la tensión interfacial agua-agregado es menor que la de asfalto-agregado; por tanto, el agua tenderá a desalojar o desprender la película asfáltica en la frontera.

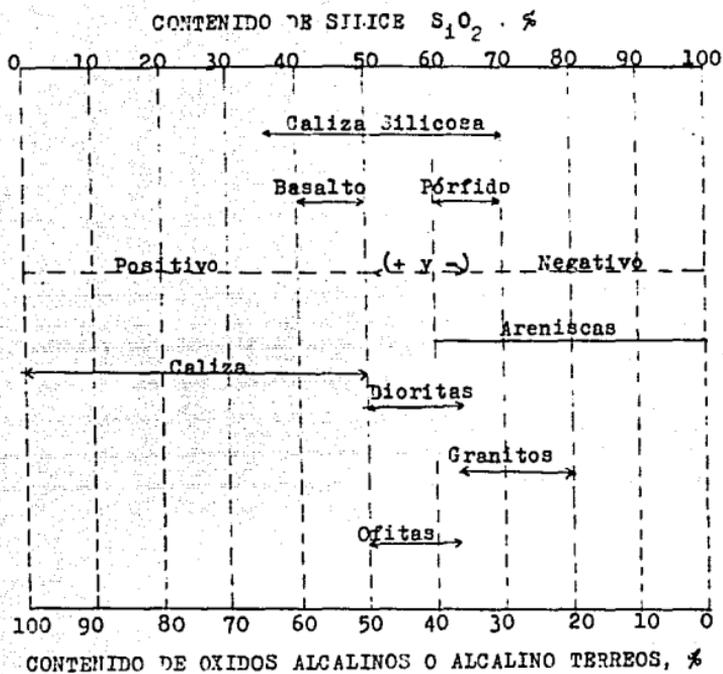
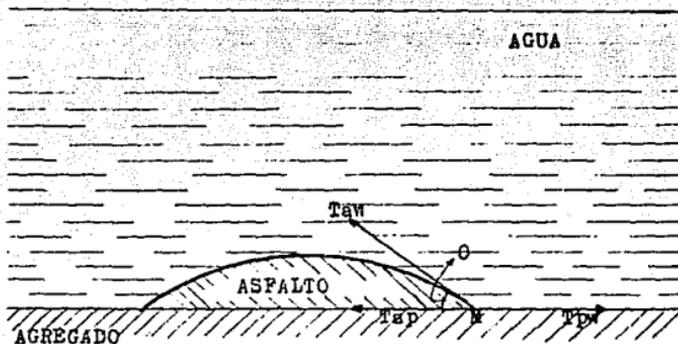


Fig. núm. III-1.



En la figura;

T_{aw} = Tensión interfacial entre el asfalto y el agua

T_{ap} = Tensión interfacial entre el asfalto y el material pétreo (agregado).

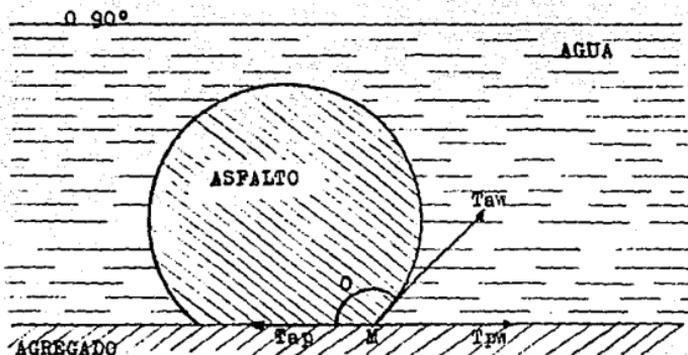
T_{pw} = Tensión interfacial entre el material pétreo y el agua.

θ = Angulo de contacto.

$$T_{pw} = T_{ap} + T_{aw} \cos \theta$$

$$T_{ap} < T_{aw}$$

FIGURA III-2.



$$T_{pw} = T_{ap} - T_{aw} \cos \theta$$

$$T_{ap} > T_{pw}$$

En la figura:

T_{aw} = tensión interfacial entre el asfalto y el agua.

T_{ap} = Tensión interfacial entre el asfalto y el material pétreo (agregado).

T_{pw} = Tensión interfacial entre el material pétreo y el agua.

θ = Angulo de contacto.

FIGURA III-3.

En las figuras núms. III-2 y III-3, se muestran esquemáticamente las fuerzas interfaciales que actúan en el punto de contacto (M) de un glóbulo de asfalto que toca la superficie de un agregado en presencia de agua.

El caso de la figura III-2, corresponde a la condición en que se produce el cubrimiento del agregado por el asfalto, debido a que la tensión interfacial entre ambos materiales T_{ap} , es menor que la tensión interfacial entre el agregado y el agua T_{aw} . Para satisfacer la condición de mínima energía, el área de contacto entre el agua y el material pétreo deberá ser la menor posible, condición que se alcanza al efectuarse el cubrimiento con la película asfáltica. Esta situación es la que se presenta con los materiales hidrófobos.

En el caso de la figura III-3, la tensión interfacial entre el agregado y el asfalto T_{ap} , es mayor que la tensión interfacial entre el agregado y el agua T_{pw} , por lo que el agua tenderá a cubrir el agregado para satisfacer la condición de mínima energía superficial. Siendo mayor la energía interfacial agregado-asfalto, el trabajo menor se realizará cuando la superficie de contacto entre estos dos materiales sea mínima. De no existir la gravedad el glóbulo de

asfalto sería esférico y el contacto se verificaría en un punto; esta situación es la que se presenta en los materiales hidrófilos.

Los materiales básicos mencionados anteriormente, - presentan superficie electropositiva y en los de naturaleza ácida la superficie tiene cargas electronegativas. Por lo tanto, un asfalto con cargas eléctricas negativas tendrá buenas características de -- adherencia con los materiales básicos, por la atracción eléctrica existente y no presentará adecuada la adherencia con los materiales ácidos, al tener estos cargas del mismo signo. Análogamente, si el asfalto tiene cargas eléctricas positivas, será atraído por los materiales ácidos que son electronegativos y no lo será por los materiales básicos, cuyas cargas son electropositivas.

Las mejores condiciones de adherencia entre el asfalto y un material pétreo se presentan cuando la tensión superficial del asfalto es baja y al mismo tiempo las cargas eléctricas en uno y otro, son de sig - nos opuestos.

La rugosidad del material pétreo tiene cierta influencia sobre el valor de la adherencia entre éste y el producto asfáltico; una superficie pulida presen-

ta menor area total que una superficie rugosa, la -
cual ofrece al producto asfáltico una superficie de
contacto mayor.

Un requisito indispensable para que las partículas -
del material pétreo queden perfectamente ligadas al
producto asfáltico es que estas estén bien cubiertas
con una película de asfalto, la cual debe mojarlas -
superficialmente; para lo cual es necesario que el -
producto asfáltico tenga la viscosidad adecuada en -
el momento de su empleo; no deberá ser ni demasiado
fluido, por que se escurriría sobre la superficie de
las partículas, ni demasiado viscoso por que no se -
repartiría bien.

Para que el producto asfáltico moje al material pé -
treo debe existir un contacto entre estos dos elementos
tos, en la forma más perfecta posible, sin interposición
ción de materias extrañas como el polvo y el agua ,
circunstancias que imponen que el material pétreo esté
té limpio y seco.

Los problemas debidos al agua se presentan de dos ma
neras, primeramente debido a los agregados húmedos -
existentes antes de efectuar el mezclado y, segundo,
por el efecto de la lluvia sobre el material despues
de que este ha sido tendido.

Normalmente no es posible cubrir un agregado frío y húmedo con un producto asfáltico; por lo que es usual remover la película de agua y al mismo tiempo aumentar la temperatura del pétreo, pasando directamente por secado, el cubrimiento es entonces mejorado - considerablemente, por que la temperatura del pétreo asegura que la viscosidad del asfalto permanezca baja durante el proceso de mezcla y por lo tanto, es--parcirse por toda la superficie del pétreo.

El agua sobre o dentro de un camino es casi invariablemente agua de lluvia, aunque en raros casos proviene de mantos subterráneos.

En superficies lisas el agua de lluvia puede ser drenada fácilmente, pero en superficies porosas el drenaje se dificulta; como en el caso de las mezclas asfálticas, ya que debido al alto contenido de vacíos de su estructura cavernosa el agua se filtra fácilmente, ocasionando serios problemas al afectar la estabilidad del pavimento.

Como lo hemos ilustrado, el problema que presenta el asfalto al adherirse al pétreo en presencia de agua, se debe a que esta tiende a desplazar al asfalto de la superficie sólida al modificar el ángulo de contacto. En general, el agua disminuye grandemente la

adherencia; sin embargo se ha comprobado que esto se puede controlar mediante el empleo de aditivos.

3.3.- METODOS PARA MEJORAR LA ADHERENCIA DEL ASPALTO CON LOS PETREOS.

La durabilidad de las mezclas asfálticas de pavimentación puede lograrse asegurando y manteniendo una buena adherencia entre el asfalto y el agregado en presencia de agua. La pérdida de la adherencia en la mezcla, que ocasiona el desprendimiento de la película de asfalto, induce inestabilidad y propicia condiciones de falla en el pavimento. Esta situación puede observarse con frecuencia en mezclas asfálticas en las que se ha usado material pétreo hidrófilo.

No siempre es posible elegir el tipo de agregado adecuado para obtener características durables de adherencia en las mezclas asfálticas. En algunos lugares solo se dispone de material hidrófilo, y debido a que el acarreo de agregados de buena calidad desde zonas alejadas resulta antieconómico, es inevitable el uso de dichos materiales locales, por lo que debe recurrirse entonces a ciertas modificaciones para asegurar una buena adherencia. Tales modificaciones pueden lograrse mediante:

A) TRATAMIENTOS A LOS MATERIALES PETREOS.- Estos tra
tamientos pueden consistir en:

- Trituración
- Lavado
- Eliminación y/o sustitución.

Trituración del material para rproducir nuevas superficies por fractura; esto en el caso de que di
chas superficies presenten condiciones más favora
bles de adherencia con la película asfáltica, por aumento en la rugosidad.

Tratandose de gravas de río, si las partículas -
presentan mala adherencia con el asfalto, convie-
ne investigar si las nuevas superficies que se --
producen al triturarlas presentan mejor adheren-
cia, en cuyo caso deberá estudiarse la posibili-
dad de recomendar una trituración al tamaño conve
niente para disminuir el porcentaje total de su-
perficie de mala adherencia, de acuerdo con los -
resultados de las pruebas efectuadas.

Lavado.- Si existe una película de polvo adherida
en la superficie del material pétreo, deberá estu
diarse la posibilidad de eliminarla mediante lava
do, siempre y cuando sea posible efectuar este --

procedimiento en la obra.

Eliminación y/o sustitución de materiales.- Esto en el caso de que algunas fracciones del material pétreo fácilmente eliminables, presenten características desfavorables en cuanto a su afinidad -- con el asfalto; por ejemplo en una grava de río, la fracción que pasa la malla núm. 6.35 (1/4") pu diéra estar constituida por un material hidrófilo el cual sería factible eliminar mediante cribado y sustituir por una arena que posea buenas características para adherirse al asfalto.

También se pueden modificar las propiedades super ficiales del material pétreo, mediante la aplicación previa a la elaboración de la mezcla, de una solución de cemento portland-agua o cal hidratada -agua. La acción de estos fillers en la mezcla - puede ser similar a lo que se logra con los aditi vos que suelen agregarse al asfalto.

- B) CAMBIOS DE PRODUCTO ASFALTICO.- En algunos mate - riales pétreos se puede modificar favorablemente la adherencia con el ligante, cambiando el tipo - de producto asfáltico; sin embargo esto no siem-- pre es posible debido a las condiciones particulau

res del trabajo o a los requisitos que fija el --
proyecto correspondiente.

- G) EMPLEO DE ADICIONANTES O ADITIVOS.- Como ya se -
mencionó anteriormente, una de las formas de obte-
ner buenas características de adherencia entre ma-
terial pétreo y asfalto es mediante el empleo de
aditivos, los cuales son productos que generalmen-
te se mezclan a los materiales asfálticos y que -
al mismo tiempo que reducen las tensiones interfa-
ciales por ser agentes tenso-activos, proporcioc-
nan las cargas eléctricas necesarias para favore-
cer la atracción en la interfase de los materia--
les.

Existen una gran variedad de aditivos que corri-
gen o modifican las características de los produc-
tos asfálticos, o bien; las condiciones de super-
ficie de los materiales pétreos, a fin de lograr
mejores resultados en los trabajos de pavimenta-
ción. En el segundo caso, los aditivos se vier-
ten al material pétreo diluidos en agua. Los adi-
tivos más comunmente usados en México, son los --
que se incorporan al producto asfáltico, aunque -
en algunos casos pueden ser más convenientes aque-
llos que se agregan al material pétreo, lo cual -

depende de las pruebas efectuadas en el laboratorio.

Si el agregado y el asfalto elegidos en primera instancia para un determinado trabajo, no reúnen adecuadas características de adherencia, de acuerdo a las pruebas establecidas al respecto, se ensayan varios aditivos disponibles en proporciones que correspondan a igualdad de costos y se repiten las pruebas incorporando dichos aditivos a la mezcla. El aditivo que haga que el material cumpa con los requisitos especificados, será el que convendrá elegir para obtener los mejores resultados en la obra.

Sin embargo, no debe olvidarse que un aditivo no es una panacea y que no puede sustituir las reglas de una buena técnica; por ejemplo los resultados defectuosos obtenidos por el uso de agregados arcillosos y contaminados.

También debe tenerse presente que la mayoría de los aditivos, necesitan de un estudio para cada naturaleza y variedad de ligante, ya que no existe un aditivo universal que sea efectivo con todos los ligantes y con todos los agregados pétreos. Las dosificaciones por usar son igualmente -

función de variables específicas, como también lo son sus formas de empleo.

3.4.- PRUEBAS DE APINIDAD ENTRE EL MATERIAL PÉTREO Y EL ASPALTO.- Las pruebas que permiten definir la existencia de afinidad entre un material pétreo y un producto asfáltico, pueden consultarse en el libro núm. 6.01.03 de las Normas de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Siendo dichas pruebas las de:

A) DESPRENDIMIENTO POR FRICCIÓN.- Esta prueba consiste en agregar a la muestra de material pétreo la cantidad necesaria de asfalto para lograr con facilidad el cubrimiento de las partículas, sin que haya exceso de asfalto. Después de un proceso de curado, que puede ser en el medio ambiente o en horno (según el producto asfáltico que se utilice) se coloca la mezcla en un frasco de vidrio con agua y se somete a un proceso definido de agitado durante un tiempo establecido.

Al finalizar el periodo de agitado, se destapa el frasco y se escurre el agua que contiene; se vacía la muestra sobre una hoja de papel blanco y se coloca ésta sobre una mesa de trabajo suficiente

temente iluminada y estimar, con ayuda de una lupa, el porcentaje de la superficie de las partículas que haya presentado desprendimiento de asfalto. Si el desprendimiento ocurrido fué mayor que 25%, se considera que el material no cumple con el requisito de afinidad con el asfalto.

- B) CUBRIMIENTO CON ASFALTO (METODO INGLES).- Se determina con esta prueba la facilidad con que la película de un producto asfáltico rebajado se adhiere a un agregado pétreo en presencia de agua. Es útil sobre todo para el caso de carpetas de riego, riego de sello y riego de impregnación. Se utilizan para esta prueba partículas de material al pétreo comprendidas entre las mallas números: 12.5 (1/2") y 9.5 (3/8").

En una charola metálica de 13.5 cm de diámetro y 1.5 cm de altura, se vierte el producto asfáltico a la temperatura de aplicación formando una capa de 1.5 mm de espesor; la charola conteniendo el asfalto se introduce en un baño de agua a la citada temperatura, de manera que se tenga un tirante de 25 mm aproximadamente, sobre el nivel de la capa de asfalto.

Se toman por lo menos 6 partículas del material y se colocan en la charola que contiene el ligante, presionandolas ligera y uniformemente al apoyar - las sobre el asfalto, dejandolas en estas condi - ciones durante un lapso de 10 minutos. Se toman despues con las manos las partículas de material pétreo y se colocan cuidadosamente sobre una hoja de papel blanco en una cápsula de cristal, de ma - nera que pueda observarse la superficie de ellas que estuvo en contacto con el asfalto.

Se estima visualmente el porcentaje de la super - ficie del material pétreo cubierta con asfalto, en relación con la superficie total de las partícu - las que se considera haya estado sumergida en el asfalto. Este será el porcentaje de cubrimiento.

Si su valor está comprendido entre 90 y 100%, se estima que el material cumples con el requisito de afinidad con el asfalto, medido por esta prueba.

- C) DESPRENDIMIENTO DE LA PELICULA.- Esta prueba es - muy similar a la de desprendimiento por fricción, con la diferencia de que la cantidad de asfalto - que se agrega al material se determina previamen - te en función del porcentaje de absorción de este,

de la rugosidad de sus partículas, y de la agitación de los frascos con agua, en donde se colocan las muestras de mezcla asfáltica. Dichos frascos se colocan en un tambor giratorio de forma cilíndrica de 37.0 cm de diámetro. También en este caso, si el porcentaje de desprendimiento de asfalto después del agitado, es mayor de 25% con relación a la superficie total de la muestra de material, se considera que este no cumple con los requisitos de afinidad.

Esta prueba se aplica principalmente a materiales pétreos que se utilizan en la elaboración de mezclas asfálticas para guarnición y bordillos, así como a materiales para sub-bases de pavimentos rígidos y bases para pavimentos flexibles, que se impregnan o se estabilizan con materiales asfálticos; estas capas en general no se exponen directamente a la acción permanente del tránsito y en ellas la capa de asfalto puede ser delgada.

- D) PERDIDA DE ESTABILIDAD POR INMERSION EN AGUA.- Esta prueba se aplica a mezclas asfálticas elaboradas en el lugar o en planta, y consiste en determinar la disminución de resistencia a la compresión sin confinar que se presenta en especímenes

sumergidos en agua a 25 °C, durante cuatro días, en relación con la resistencia de sus respectivos duplicados, que no se someten a la inmersión directa en agua.

La mezcla asfáltica para la elaboración de los especímenes de prueba, se elabora con el contenido óptimo de asfalto, el cual se habrá determinado - previamente.

Tanto los especímenes secos, como los que estuvieron sumergidos, se someten a la prueba de compresión sin confinar, estando a la temperatura de 25 °C, inmediatamente después de sacar del agua los que estuvieron sumergidos. Si la pérdida de resistencia, o pérdida de estabilidad es mayor que el 25%, se considera que el material no cumple con los requisitos de afinidad. En las tablas III-1 y III-2, se muestran los requisitos de afinidad - que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes fija para los materiales pétreos que utiliza en la construcción y en el mantenimiento de sus obras.

Prueba Capa de Pavimento	Desprendimiento por fricción. (%)	Cubrimiento con asfalto. (%) (metodo ingles)	Desprendimiento de la película. (%)	Pérdida de estabilidad por inmersión en agua (%).	Requisitos de aceptación.
Sub-base de pavimento rígido, no estabilizada o estabilizada con materiales no asfálticos.	...	90 Mín.	25 Máx.	...	Que cumpla cuando menos con una (1) de las pruebas marcadas.
Sub-base de pavimento rígido, estabilizada con materiales asfálticos.	25 Máx.	90 Mín.	25 Máx.	...	Que cumpla cuando menos con dos (1) de las pruebas marcadas.
Base de pavimento flexible no estabilizada o estabilizada con materiales no asfálticos.	25 Máx.	90 mín.	25 máx.	...	Que cumpla cuando menos con dos (2) de las pruebas marcadas.
Base de pavimento flexible estabilizada con materiales asfálticos.	25 Máx.	90 Mín.	25 Máx.	25 Máx.	Que cumpla cuando menos con dos (2) de las pruebas marcadas.

Tabla núm. III-1.- Requisitos de afinidad de los materiales (Norma SCR)

Prueba Capa de Pavimento	Desprendimiento por fricción. (%)	Cubrimiento con asfalto (método inglés) (%)	Desprendimiento de la película (%)	Pérdida de estabilidad por inmersión en agua (%)	Requisitos de aceptación.
Carpetas y bases asfálticas (mezcla en el lugar y en plantas estacionarias).	25 Máx.	90 Mín.	...	25 Máx.	Que cumpla cuando menos con dos (2) de las pruebas marcadas.
Carpetas asfálticas por el sistema de riegos.	25 Máx.	90 Mín.	...	...	Que cumpla con las dos (2) pruebas marcadas.
Morteros asfálticos.	25 Máx.	...	...	...	Que cumpla con la prueba marcada.
Guarniciones asfálticas.	...	25 máx.	25 Máx.	25 Máx.	Que cumpla cuando menos con una (1) de las pruebas marcadas.

Tabla Núm. Iii-2.- Requisitos de afinidad de los materiales (Normas ECE).

C A P I T U L O I V .

CARACTERÍSTICAS QUE SE PUEDEN MEJORAR MEDIANTE EL USO DE ADITIVOS.

4.1.- NORMAS DE CALIDAD.- Durante el diseño, elaboración y tendido de las mezclas asfálticas, se presentan diversos problemas que a su vez ocasionan retrasos en la ejecución de la obra, así como deficiencias en el comportamiento del pavimento una vez puesto en operación. Estos problemas generalmente se pueden detectar en el laboratorio, al realizar los ensayos correspondientes al control de calidad de los materiales y de las mezclas.

Una mezcla asfáltica fundamentalmente es el producto obtenido mediante la incorporación y distribución uniforme del producto asfáltico en un material pétreo. Para que las mezclas proporcionen con eficiencia el servicio y duración que se espera de ellas, se deben seleccionar y procesar siempre en forma congruente con el uso al que se les destine, a fin de lograr al menor costo posible, la calidad que se requiera en cada caso para resistir adecuadamente los efectos impuestos por el tránsito y el medio ambiente.

Para los fines que se persiguen en el presente trabajo, nos apegaremos a las Normas de Construcción vigentes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, las cuales establecen:

Las mezclas asfálticas, de acuerdo con sus características y condiciones de uso a que se destinen, deberán elaborarse con los materiales asfálticos que se fijan en la tabla num. IV-1.

Las mezclas que se elaboren con cemento asfáltico, deberán cumplir con los requisitos señalados en las tablas núms. IV-2 y IV-3.

Las mezclas que se elaboren con asfaltos rebajados o con emulsiones asfálticas, proyectadas de acuerdo con el procedimiento de pruebas de compresión sobre cilindros sin confinar, deberán cumplir con los requisitos fijados en la tabla núm. IV-4.

Las mezclas que se elaboren con emulsiones asfálticas que no contengan disolventes, deberán cumplir con los requisitos indicados en la tabla núm. IV-5.

Los contenidos de humedad y disolventes para el tendido y compactación de mezcla asfáltica y el conte-

nido de cemento asfáltico deberán de quedar dentro -
de los límites fijados en la tabla núm. IV-6.

Los espesores compactos de las capas, en relación -
con el tamaño máximo del material pétreo, deberán fi
jarse de acuerdo con lo que se indica en la tabla -
núm. IV-7.

El concreto asfáltico deberá tenderse a una tempera-
tura ambiente de ciento diez grados Celsius (110 °C)

La temperatura del concreto asfáltico al iniciarse -
el acomodo, deberá de ser de cien (100) o ciento die-
ez grados Celsius (110 °C); en general la compacta -
ción de las carpetas deberá terminarse a una tempera
tura mínima de setenta grados Celsius (70 °C).

La mezcla asfáltica deberá ser compactada al noventa
y cinco por ciento (95%) mínimo, de su peso volumé-
trico máximo.

Las mezclas asfálticas usadas como carpetas deberán
tener un valor de permeabilidad menor de diez por --
ciento (10%).

MATERIAL ASPALTICO	EMPLEO RECOMENDABLE EN LA CONSTRUCCION DE CARPETAS Y SOBRECARPETAS.	
	PARA CAMINOS Tránsito diario en ambos sentidos, en vehículos pesados. (a)	PARA PATIOS Y PLATA- FORMAS CAMIONES con peso total, en tone- ladas.
Cemento Asfáltico.....	Más de 1 000	Más de 20
Asfalto rebajado.....	1 000 máximo (b)	20 máximo (b)
Emulsiones asfálticas con disolventes.....	1 000 máximo (b)	20 máximo (b)
Emulsiones asfálticas sin disolventes.....	1 000 máximo	20 máximo

Tabla núm. IV-1

- (a) Se consideran vehículos pesados todos los camiones en todos sus tipos y los autobuses.
- (b) El empleo de las mezclas elaboradas con asfalto rebajado o con emulsión asfáltica con disolventes que proporcionen textura lisa, debe limitarse a casos en que se tengan condiciones climáticas y equipo que permita -- efectuar el tendido y compactación de la mezcla con pocos disolventes; por esta misma razón no deberán hacerse mezclas como las antes indica - das, empleando material pétreo de graduación fina.

Modelo No. 10

UNO DE LA FUERZA ARMADA
REPUBLICANA DE COLOMBIA

CARACTERÍSTICAS

Número de golpes por cara.....
Estabilidad mínima, kilogramos.....

Tijera, en milímetros.....
Por ciento de pérdida en la prueba de
resistencia al vuelco de la suspensión.....

El número de vueltas en el sistema
de dirección, para el volante, en el
sentido de la marcha, en el momento de
comenzar con el cambio de la
dirección, debe ser:

Característica	Valor	Unidad
Número de golpes por cara	100	golpes
Estabilidad mínima	100	kg
Tijera	100	mm
Porcentaje de pérdida	100	%
Número de vueltas	100	vueltas

Tabla núm. IV-2.

CARACTERÍSTICAS	USO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA ELABORADA CON CEMENTO ASFÁLTICO	TRANSITO DIARIO EN AMBOS SENTIDOS.		PARA AERO PISTAS.
		Hasta 2000 vehículos- pesados.	Más de 2000	
Número de golpes por cara.....	.....	50	75	75
Estabilidad mínima, kilogramos....	Para carpetas, capas de renivelación bases asfálticas y bacheo	450	700	700
Flujo, en milímetros.....	Para carpetas, capas de renivelación bases asfálticas y bacheo.....	2-4.5	2-4	2-4
Por ciento de vacíos en la mezcla, respecto al volumen del espécimen. (a).....	Para carpetas y mezclas de renivela- ción.....	3-5	3-5	3-5
	Para bases asfálticas.....	3-8	3-8	3-8
Por ciento de vacíos en el agrega- do mineral (VAM), respecto al volu- men del espécimen de mezcla, de -- acuerdo con el tamaño máximo del - material pétreo, mínimo. (a)	Para carpetas, capas 4.76 mm de renivelación, ba 6.35 mm ses asfálticas y ba 9.51 mm cheo. 12.70 mm 19.00 mm 25.40 mm	18 17 16 15 14 13	18 17 16 15 14 13	18 17 16 15 14 13

(a) Los por cientos de vacíos de la mezcla y del material pétreo, respecto al volumen del espécimen, deben de terminarse de acuerdo con el procedimiento establecido por las Normas de Construcción SCT.

CARACTERISTICAS	PARA CARRETERAS		PARA AEROPISTAS	
	Tránsito diario en ambos sentidos, en vehículos pesados.		Aviones con peso total, en toneladas.	
	de 1 000 a 2 000	Más de 2 000	Hasta 20	Más de 20
Valor del estabilómetro, mínimo.....	35	37	37	40
Expansión en mm, máxima...	0.76	0.76	0.76	0.76
Por ciento de vacíos en la mezcla, respecto al- volumen del espécimen, mínimo.....	4	4	4	4

Tabla núm. Iv-3

Los requisitos de la presente tabla se obtendrán de acuerdo con el procedimiento Hveem.

CARACTERISTICAS		PARA CARRETERAS Tránsito diario en ambos sentidos de vehículos pesados (b)			PARA AEROPISTAS Peso de los aviones que operen		OBSERVACIONES.
		Menos de 500	De 500 a 1 000	Más de 1 000	Hasta 20 toneladas	Más de 20 toneladas	
Resistencia mínima en kg/cm ²		2.5	4.0	En general no debe usarse este tipo de mezclas.	5.0	En general no debe usarse este tipo de mezcla	Valores Tentativos
Por ciento de vacíos mínimo	Con material- de graduación gruesa o fina	7	7		En general no debe usarse este tipo de mezclas.		
	Con material- de graduación intermedia	4	4		4		

Tabla núm. IV-4.

CARACTERISTICAS		TRANSITO DIARIO EN AMBOS SENTIDOS.	
		Hasta 2 000 vehículos pesados	Más de 2000 vehículos pesados
Número de golpes por cara. (Marshall)		50	75
Estabilidad mínima , kilogramos. (Marshall)...		450	700
Valor del estabilómetro mínimo. (Hveem).....		35	37
Por ciento de vacíos, mínimo.	Con material de graduación gruesa o fina.....	Menos de 500	Hasta 1 000
	Con material de graduación intermedia.....	7	7
		4	4

Tabla núm. IV-5

MATERIAL ASPALTICO EMPLEADO EN LA ELABORACION DE LAS MEZCLAS	Tolerancia del conte- nido de ce- mento asfál- tico, con respecto al por ciento del proyec- to, en peso	Contenido de agua libre per- mitido, por ciento en peso de la mezcla asfáltica	Relación de disol- ventes a cimento asfáltico, en peso. — (Valor K)
Cemento asfáltico..	± 5%	1	Cero
Asfalto rebajado..	± 10%	1	0.05-0.08
Emulsión asfáltica con disolventes....	± 10%	...	0.05-0.08
Emulsión asfáltica sin disolventes....	± 10%	...	Cero

Tabla núm. IV-6

TAMAÑO MAXIMO DEL MATERIAL PETREO - EN mm	ESPESOR COMPACTO DE LAS CAPAS DE CARPETA--EN cm	
	Mínimo	Máximo (a)
4.76	2.0	3.0
6.35	2.0	3.5
9.52	3.0	4.0
12.7	3.0	5.0
19.03	3.0	6.0
25.40	4.0	7.0

Tabla núm. IV-7

- (a) Los espesores máximos anotados, solo son aplicables en el caso de que se utilicen mezclas - con asfaltos rebajados o emulsiones con disolventes; en estos casos, cuando el proyecto señale un espesor mayor, se deberán construir - dos (2) o más capas.

Si bien, las mezclas asfálticas deben cumplir con to dos los requisitos antes señalados, es común que los materiales pétreos disponibles en las cercanías de - la obra, no presenten buenas características para lo grar una adecuada mezcla asfáltica, por lo que se re quiere la utilización de los aditivos.

4.2.- EMPLEO DE ADITIVOS.- Mediante el empleo de aditivos, es posible lograr alguno de los siguientes objetivos:

- Dar al producto asfáltico suficientes y adecuadas cargas eléctricas, para que lo hagan afín al material pétreo con el que se pretenda utilizar y se - tenga buena adherencia.
- Proporcionar determinadas características al grupo agregado pétreo-asfalto , para satisfacer ciertas condiciones del procedimiento de construcción , lo cual puede requerirse a pesar de que el agregado - pétreo tenga buena afinidad con el asfalto , por - ejemplo: aumentar la resistencia de cohesión en la mezcla al paso del tiempo y en forma irreversible.
- Modificar la viscosidad del producto asfáltico , - con objeto de hacerlo más adecuado al uso que se - le pretenda dar, por ejemplo: Hacer más trabajable

la mezcla al momento de tenderla, no obstante que esta se haya elaborado con un tiempo anterior considerable.

Independientemente de las características que se tratan de modificar en una mezcla, los aditivos requieren de ciertos cuidados en cuanto a su manejo y aplicación.

4.3.- MANEJO Y APLICACION DE LOS ADITIVOS.

- A) ADITIVOS APROPIADOS PARA EMPLEARSE CON ASFALTOS REBAJADOS.- Con el fin de utilizar el aditivo recomendado en la cantidad necesaria, es indispensable calentarlo primeramente a la temperatura mínima para que se licúe y pueda ser agitado, a efecto de homogeneizarlo; esta temperatura generalmente oscila entre 40 °C y 60 °C.

La incorporación del aditivo al asfalto es conveniente que se lleve a cabo en la petrolizadora, utilizando la bomba de esta para hacer circular el asfalto, el cual habrá sido calentado previamente a su temperatura de aplicación en la obra. Con objeto de asegurar la mejor incorporación y distribución del aditivo, es aconsejable que se -

utilice además, una propela accionada con motor.

El aditivo se agrega directamente al asfalto que va entrando a la petrolizadora, calculando que la cantidad total que debe incorporarse a todo el producto asfáltico con que se llenará aquella, se adicione en un lapso no menor de quince minutos. El aditivo puede incorporarse también brevemente a una cantidad de producto asfáltico caliente, cuyo volumen sea cinco a diez veces mayor que el del aditivo; en estas condiciones la incorporación al resto del producto asfáltico puede efectuarse con mayor facilidad.

- B) ADITIVOS PARA CEMENTO ASPALTICO EN MEZCLAS ELABORADAS EN CALIENTE.- Se emplean en este caso aditivos fabricados especialmente para soportar altas temperaturas por tiempo prolongado, a los que se denomina "aditivos resistentes al calor", ya que pueden ser calentados hasta 200 °C, durante varios días, sin que pierdan su efectividad. su incorporación debe efectuarse preferentemente en la forma siguiente.

Se vacía el cemento asfáltico calentado a su temperatura de almacenamiento, del depósito principal al depósito de utilización en la planta, em-

pleando para ello una bomba adecuada. El volumen de asfalto que se prepare con el aditivo deberá ser tal que se pueda consumir en dos días de trabajo, a fin de evitar tener asfalto preparado durante varios días, cuya calidad, por diversas razones, podría afectarse. Para su aplicación, el aditivo recomendado se calentará en la forma descrita para el caso anterior y, a continuación se adicionará cerca de la succión de la bomba antes mencionada, para que esta lo mezcle correctamente arrojándolo a una velocidad tal que el volumen de aditivo requerido se termine de vaciar simultáneamente con el llenado del depósito de utilización de la planta; concluida esta operación, se hará circular el asfalto en el mismo depósito, durante quince (15) minutos como mínimo, a efecto de asegurar la distribución uniforme del aditivo, para lo cual es recomendable también el uso de una propela.

Tratándose de mezclas en caliente, siempre se procurará utilizar aditivos resistentes al calor; -- pero si por alguna razón se tuviera que emplear en dichas mezclas aditivos del tipo normal, estos deberán incorporarse de tal forma que no permanezcan más de seis (6) horas a una temperatura superior a los cien grados Celsius (100 °C), como po-

dría ser el caso, por ejemplo, de su empleo en -
plantas de concreto asfáltico de producción por
bachas. En este caso, el aditivo se puede agre-
gar en la cubeta de asfalto, antes de pesar este
para luego vaciar la cubeta al mezclador y con -
las aspas del mismo revolver bien ambos productos
antes de que se empiecen a introducir los materia-
les pétreos para elaborar la mezcla asfáltica.

A las emulsiones asfálticas es raro tener que ag-
regarles algún aditivo, ya que generalmente pre-
sentan buenas características de adherencia y tra-
abajabilidad.

Durante la ejecución del trabajo, es necesario -
comprobar la dosificación y la aplicación correc-
ta del aditivo recomendado, para lo cual se revi-
sará primeramente si el producto recibido es el -
que se requiere específicamente para la obra. Se
verificará que los envases lleguen sellados debi-
damente y que tengan marcado el nombre del aditi-
vo de que se trate. Es conveniente también que -
el laboratorio que controla la obra, tome mues-
tras representativas del producto, obteniendo una
muestra de cada diez tambores o menos, que se re-
ciban. Esta muestra deberá ser aproximadamente -
de cien (100) cm³, y se obtendrá estando el adi-

tivo a la temperatura mínima que haya permitido licuarlo y homogeneizarlo. Las pruebas que se realicen con estas muestras deberán ser tales que con ellas pueda establecerse una comparación entre los resultados del control de calidad de la obra y, los resultados obtenidos con el material pétreo y el producto asfáltico estudiados originalmente en el laboratorio, al realizar el proyecto respectivo; de estar procediendo correctamente ambos resultados deben acusar valores o condiciones similares. De no ser así, será necesario llevar a cabo las correcciones o modificaciones que procedan, a efecto de asegurar la buena calidad del trabajo.

Para asegurar la efectividad de un aditivo, es importante también emplearlo con productos asfálticos de características adecuadas para la obra. Es necesario, en primer lugar, que dichos productos sean surtidos dentro de especificaciones y en segundo lugar, que no sufran alteraciones durante su transporte, manejo y almacenamiento.

4.4.- ALMACENAMIENTO DE LOS PRODUCTOS ASFÁLTICOS.-Es importante que los lugares en que se almacenen los materiales asfálticos antes de su utilización se inspec-

cionen periodicamente y que, reúnan las condiciones necesarias para evitar pérdidas excesivas de solventes, contaminaciones con agua, basura y otras materias extrañas, mezclas de productos asfálticos de diferentes tipos, repetidos calentamientos innecesarios o a temperaturas mayores a las recomendadas, etc., De acuerdo con su función existen dos tipos de almacenamientos: permanentes y transitorios.

- A) ALMACENAMIENTOS PERMANENTES.- Generalmente están constituidos por fosas de mampostería o de concreto hidráulico; el techo en muchos casos es de carácter provisional, por lo general de armadura de madera y lámina de cartón, aunque existe la tendencia de hacerlo de concreto.

La descarga a la fosa siempre se hace por gravedad, pudiendo también hacerse por gravedad la carga de la fosa al equipo de distribución cuando las condiciones topográficas lo permiten, aunque lo más común es que se haga por bombeo, con el equipo de la petrolizadora. Por lo general, las fosas permanentes se construyen durante la ejecución de la obra y posteriormente pasan a servir a la conservación, lo que da lugar en muchas ocasiones a que en esta etapa su ubicación sea inadecuada, por los acarreos.

Las fosas permanentes estan comunmente divididas en cuando menos dos (2) compartimentos, con una capacidad aproximada de 120 m³ cada uno de ellos. Poseen cárcamos de calentamiento con serpentines de vapor o con quemadores directos de petroleo si tuados en la parte inferior de los cárcamos.

- B) ALMACENAMIENTOS TRANSITORIOS.- Son fosas pequeñas de 20 a 40 metros cúbicos de capacidad, que son las que se utilizan en las sobrestantías de conservación. Durante la ejecución de la obra se em plea también este tipo de fosas por parte de las dependencias que construyen carreteras. Por lo general son de mamposterías revestidas y techos de cartón; casi nunca tienen sistema de calentamiento, por lo que los productos que lo requieren se calientan con el equipo de la petrolizadora. Debido a que los materiales asfálticos se contaminan con relativa facilidad en este tipo de fosas, es preferible usar siempre como almacenamien tos transitorios, tanques metálicos.

La elección de este tipo de almacenamientos debe hacerse tomando en cuenta la posibilidad del empleo de tanques metálicos, ya que así se aseguraría en forma efectiva el correcto almacenamiento

y además, la movilidad de este equipo permitiría cambiarlo cuando las necesidades así lo requieran lo que redundaría en una considerable economía en los acarreos de los productos. Por otra parte, con el uso de tanques metálicos es factible, en la mayoría de los casos, que la descarga de los productos se efectúe por gravedad, lo que además de facilitar las maniobras propias del manejo, es recomendable en el caso particular de las emulsiones asfálticas, en las que se recomienda reducir al mínimo las operaciones de bombeo.

La distribución de los productos asfálticos de las fosas permanentes a las de trabajo o transitorias, se efectúa por medio de nodrizas. La aplicación de los productos líquidos se hace con las petrolizadoras y bachadoras. Estas últimas son de pequeña capacidad para ser remolcadas por camiones de volteo o de redilas. Las bachadoras traen también bomba y sistema de calentamiento con quemadores de petróleo o diesel. Las petrolizadoras deben ser herméticas para evitar la penetración del agua de lluvia, sobre todo por los domos, que deben ir siempre bien sellados.

4.5.- MENCION DE ALGUNOS ADICIONANTES PARA ASFALTO.

- A) PRODUCTO CHEM-CRETE.- Producto originario de los Estados Unidos de Norteamérica, y el fabricante lo presenta como un catalizador en forma de aceite soluble que adicionado en proporción de 1 a 19 o de 1 a 32 en peso respecto al cemento asfáltico de acuerdo al tipo de Chem-Crete utilizado, actúa como un agente modificador del asfalto; según el fabricante, este asfalto modificado al entrar en contacto con el agregado pétreo inicia un proceso de polimerización, aumentando la resistencia de cohesión a través del tiempo y en forma irreversible, haciendolo menos susceptible a la temperatura.

El uso del producto Chem-Crete en mezclas asfálticas en caliente, propicia un aumento de la resistencia o estabilidad de estas mezclas, el cual es variable atendiendo el tipo de material pétreo utilizado. Sin embargo, los estudios de laboratorio efectuados a la fecha, no permiten cuantificar de manera racional las repercusiones benéficas que se pueden obtener en la realidad, atendiendo a los aspectos económicos, de comportamiento y de duración de las obras.

B) AZUFRE.- En tramos de prueba construidos en Canadá, utilizando azufre en cantidades del orden del 40% en peso con relación a la mezcla azufre--asfalto, se han observado menor numero de roderas que en los pavimentos hechos con mezclas asfálticas convencionales; lo cual indica que el azufre imparte mayor resistencia a la mezcla a las temperaturas normales de operación de dichos pavimentos.

Las mezclas con azufre se pueden tender y compactar con los procedimientos comunes, presentando superficies tan resistentes al derrapamiento, como los pavimentos construídos normalmente.

C) NEGRO DE CARBON.- Este polvo fino derivado de la combustión, que se produce en grandes cantidades como materia prima para el hule de las llantas, tinta para impresión y otras industrias, ha sido utilizado en los Estados Unidos de Norteamérica para elaborar mezclas asfálticas, adicionandolo en porcentajes de 10 a 15%, con relación al asfalto

Con la utilización del negro de carbón se ha observado que mejora la resistencia de las mezclas asfálticas al impacto de las ruedas de los vehiculos

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

los, así como a la abrasión. Su utilización tampoco interfiere con las operaciones de elaboración, tendido y compactación de las mezclas asfálticas.

Al emplear el negro de carbón, el costo del concreto asfáltico puede aumentar un 30 o 35%, pero puede estar justificado tomando en cuenta las mejores características de resistencia y duración de la obra.

- D) HULE.- En Gran Bretaña se ha utilizado en la elaboración de pavimentos, hule en forma de látex en proporción de 30% con relación al asfalto y, se ha observado que dichas mezclas han presentado mayor resistencia al agrietamiento y a la expansión, mayor resistencia al flujo y a la deformación, mayor estabilidad, mejor adherencia y más resistencia al desprendimiento. Por otra parte, presentan ciertas desventajas como el costo adicional del producto, costo extra de preparación de los materiales y mayores cuidados en el manejo y colocación de la mezcla, que muchas veces no definen con claridad la conveniencia de usar este producto.

B) SILICONES.- Estudios realizados en los Estados Unidos de Norteamérica, han demostrado que adicionando pequeñas cantidades de ciertos tipos de silicones (1 a 2 p.p.m.) al asfalto, se mejora la manejabilidad en la colocación de las capas de pavimentos asfálticos de mezclas en caliente, así como la uniformidad de la textura superficial, también posibilita la prolongación del tiempo de almacenamiento de las mezclas en silos, antes de su utilización.

Por lo antes expuesto, se estima muy conveniente la ejecución de tramos de prueba a escala natural, en los que se tomen en cuenta distintas condiciones de clima, de tránsito y de materiales pétreos disponibles, con objeto de complementar la evaluación de cada uno de estos productos. Lo anterior permitiría estimar si es conveniente o no su utilización, así como su nivel de aplicación, en trabajos de pavimentación en la República Mexicana.

C A P I T U L O V .

PLANTACION DE INVESTIGACION PARA EVALUAR LA EFECTIVIDAD DE ALGUNOS ADITIVOS.

Existe una amplia variedad de productos químicos con los que se pueden modificar diversas características de los materiales empleados en los trabajos de pavimentación. En el presente capítulo estudiaremos el comportamiento de algunos de ellos.

5.1.- PLAN DE ESTUDIO PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE ADITIVOS PROMOTORES DE ADHERENCIA EN MEZCLAS ASFALTICAS.- En la técnica de construcción de pavimentos para carreteras, aeropuertos, calles, avenidas, calzadas, etc.; es de vital importancia lograr una buena adherencia del asfalto con el agregado pétreo. Muchas de las carpetas construidas por los procedimientos de mezcla asfáltica en el lugar o en frío, o por el sistema de riegos, frecuentemente se exponen a un fracaso prematuro como consecuencia de una insuficiente adherencia, principalmente en presencia de agua.

Si el material pétreo y el producto asfáltico por usar en un trabajo de pavimentación no son afines ,

su empleo en estas condiciones conduciría seguramente a un fracaso. Debe procurarse por lo tanto, corregir estas deficiencias mediante el uso de algún producto químico que adicionado al ligante modifique convenientemente sus características, o que si se aplica previamente al material pétreo, cambie sus condiciones de superficie en las que influyen; la naturaleza básica o ácida del mineral que lo constituye y el tipo de cargas eléctricas presentes en su frontera.

A) OBJETIVOS.- El presente estudio consiste básicamente en la determinación de las características de afinidad de un rebajado asfáltico adicionado con diversos productos químicos promotores de la adherencia y, aplicado por separado a tres tipos de materiales pétreos, a fin de efectuar posteriormente la comparación de resultados con mezclas testigo en las que no se utiliza aditivo alguno y de esta forma conseguir los siguientes objetivos:

- Evaluar el cambio de las características de afinidad entre los materiales pétreos y el producto asfáltico, al adicionarles los aditivos.
- Evaluar el efecto del agua sobre la adherencia-

entre el agregado pétreo y el producto asfáltico, con y sin aditivo.

B) DESARROLLO DEL ESTUDIO.- El estudio se desarrollará con el empleo de los materiales que a continuación se describen.

CASO 1.- Materiales propuestos para riego de sellado.

- Material pétreo procedente del banco ubicado en el km 183 + 700 con 400 m desviación izquierda de la carretera Guadalajara-Colotlán-Tepetongo.

- Rebajado asfáltico grado PR-3, procedente de la refinería Antonio M. Amor de PEMEX, ubicada en la ciudad de Salamanca, Gto., cuyas características cumplen las Especificaciones SCT respectivas.

- Aditivos: Adicot y Pavi-flex.

CASO 2.- Materiales propuestos para riego de sellado.

- Material pétreo procedente de la trituradora -- "Caleras Guadalajara, S.A.", ubicada en el km -

99 + 000 con 500 m desviación izquierda de la -
carretera Cd. Guzmán-Tamazula.

- Rebajado asfáltico FR-3, procedente de la refi-
nería Antonio M. Amor de PEMEX, ubicada en la -
ciudad de Salamanca, Gto., cuyas característi--
cas cumplen las especificaciones SCT respecti--
vas.

- Aditivos: Adi-flex "EN" y Pavi-flex.

CASO 3.- Materiales propuestos para sobrecarpeta.

- Material pétreo procedente de la planta trituradora del banco "Xia", ubicado en el km 163+300 con 1600 m desviación derecha, tramo Ixtlán-Oaxaca de la carretera Tuxtepec-Oaxaca.

- Rebajado asfáltico FR-3, procedente de la refi-
nería de PEMEX ubicada en Cd. Madero, Tamps. ,
cuyas características cumplen las especificacio-
nes respectivas SCT.

- Aditivos: Adi-flex "B" y Adi-flex "EN".

C) PROGRAMA DE PRUEBAS.- Para cada uno de los casos
citados, se realizarán las pruebas de laboratorio

correspondientes bajo el siguiente orden.

- Composición granulométrica.
- Peso volumétrico seco suelto
- Absorción
- Densidad
- Desgaste en la máquina de Los Angeles
- Intemperismo acelerado
- Partículas planas
- Partículas alargadas
- Clasificación petrográfica
- Afinidad entre el material pétreo y el producto asfáltico.
- Afinidad entre el material pétreo y el producto asfáltico con aditivo.

NOTA.

Los procedimientos de prueba a los que se sujetarán cada uno de los materiales que forman parte de este estudio, se apegarán a los descritos en las Normas - SGT vigentes, salvo algunas condiciones especiales - que se aclararán en forma particular durante el desarrollo del presente programa de pruebas.

5.2.- PLAN DE ESTUDIO PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE UN ADITIVO PROMOTOR DE TRABAJABILIDAD EN MEZCLAS ASPALTICAS.- En trabajos de conservación de pavimentos, - el rendimiento de una cuadrilla de bacheo esta en - función de la disponibilidad de mezcla asfáltica elaborada. Sin embargo cuando se elabora tal mezcla en cantidad suficiente para asegurar el buen rendimiento de la cuadrilla, dicha mezcla se acamellona, pero en cuestión de días endurece, perdiendo así su trabajabilidad debido a diversos factores como son: la - evaporación de solventes y la oxidación entre otros, haciendose necesario disgregar la mezcla a fin de -- devolverle trabajabilidad, lo cual aumenta el costo de la obra.

Con el propósito de resolver este problema, profesionistas mexicanos han elaborado un aditivo para asfalto denominado RQI-108, consistente en una mezcla de compuestos dispersantes, detergentes, humectantes, - solventes y otros que cubren importantes funciones - químicas con las que supuestamente se mejoran propiedades reológicas y humectantes del asfalto.

El mencionado aditivo es tecnología nacional y el fabricante lo presenta como un producto que adicionado en proporción de uno (1) a dos mil (2000) en volumen del asfalto, actúa como un agente modificador al re-

ducir considerablemente el deterioro del asfalto por oxidación, además de romper su tensión superficial, haciendo muy trabajable su mezcla con el material pétreo.

Esta característica abre un amplio panorama en los trabajos de conservación de pavimentos asfálticos, pues si se logra que la mezcla dure semanas e incluso meses sin que se endurezca y sin que el asfalto pierda su poder ligante, se habrá resuelto este muy serio problema.

A) OBJETIVOS.- El presente estudio consiste básicamente en la determinación de las características físicas de mezclas asfálticas adicionadas con el producto RQI-108, a fin de efectuar posteriormente la comparación de dichas características con las que presentan mezclas testigo, en las que no se ha utilizado el mencionado producto, para así conseguir los siguientes objetivos:

- Evaluar el cambio en las características básicas de los productos asfálticos al ser mezclados con RQI-108.
- Definir las variaciones de las características de resistencia y flujo de las mezclas asfálti-

cas al adicionarles RQI-108.

B) DESARROLLO DEL ESTUDIO.- Para los fines que se persiguen se emplearán los materiales que a continuación se describen.

- Rebajado asfáltico PR-3, cuyas características cumplen las especificaciones SCT respectivas.
- Rebajado asfáltico PR-4, cuyas características cumplen las especificaciones SCT respectivas.
- Roca caliza triturada a 3/4" (19.05 mm) de tamaño máximo.
- Aditivo RQI-108.

C) PROGRAMA DE PRUEBAS.- Las pruebas de laboratorio correspondientes al presente estudio se realizarán bajo el siguiente orden.

- Calidad de rebajado asfáltico PR-4 solo y adicionado con RQI-108.
- Estudio de calidad del material pétreo.
- Diseño de mezcla asfáltica mediante el procedimiento Marshall, empleando rebajado asfáltico

FR-3 y roca caliza triturada.

- Diseño de mezcla asfáltica mediante el procedimiento Marshall, empleando rebajado asfáltico FR-3, roca caliza triturada y aditivo RQI-103.

- Valor de la relación solvente-asfalto (K), así como la velocidad de evaporación de los solventes - en mezclas asfálticas elaboradas con y sin aditivo RQI-108.

C A P I T U L O V I .

REALIZACION DE LA INVESTIGACION.

6.1.- ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE ADITIVOS PROMOTORES DE ADHERENCIA EN MEZCLAS ASPALTICAS.

CASO 1.-

Pruebas de calidad del material pétreo.

- Composición granulométrica.

Abertura de la malla (mm)	% que pasa la malla.	% que debe pasar Normas SCT
19.0	100	100
12.7	99	95 Mín.
9.51	58	- - -
6.35	1	5 Máx.
4.76	0	- - -
2.38	0	0
0.42	0	- - -

La composición granulométrica que presenta el material se ajusta perfectamente a las Normas SCT relativas a material pétreo de denominación 2, para elaboración de mezcla asfáltica para carpeta por el sistema de riegos o para riego de sello.

PRUEBAS EFECTUADAS	VALOR OBTENIDO	NORMAS DE CONSTRUCCION SCT.
Peso volumétrico seco suelto kg/m^3	1142	
Absorción, en por ciento	6.7	
Densidad	2.38	
Desgaste tipo "C" en la máquina de Los Angeles, en por ciento	15.98	30 Máx.
Intemperismo acelerado utilizando Sulfato de Sodio en cinco ciclos de saturación y secado, en por ciento.	11.3	12 Máx.
Partículas lajeadas, en por ciento	32.4	35 Máx.
Partículas alargadas, en por ciento	18.2	35 Máx.
Clasificación petrográfica:	TOBA RIOLITICA Y ANDESITA.	

OBSERVACIONES: El material ensayado cumple Normas de construcción SCT para su empleo en riego de sello.

PRUEBAS DE AFINIDAD

MUESTRA DE Material Pétreo para riego d sello EXPEDIENTE NUM.
 PROCEDENCIA Carr. Guadalajara-Colotlán-Tepetongo ENSAYE NUM.
 LOCALIZACION Tramo: Tlaltenango-El Teúl. FECHA DE RECBO Mayo de 1990
 ENVIADA POR FECHA DEL INFORME Junio de 1990

CUBRIMIENTO METODO INGLES

MATERIAL ASFALTICO	ESPESOR DE LA PELICULA EN mm	ADITIVO USADO	% DE ADITIVO EN IGUALDAD DE COSTO	CUBRIMIENTO METODO INGLES, EN %		
				MATERIAL SECO SIN LAVAR	MATERIAL CON LA HUMEDAD DE ABSORCION	NORMAS DE CONSTRUCCION S.C.T.
PR-3	1.5	- - - -	- - - -	35	10	90 Mín.
PR-3	1.5	Adicot	0.39	75	50	90 Mín.
PR-3	1.5	Pavi-flex	0.91	90	50	90 Mín.

DESPRENDIMIENTO POR FRICCION

MATERIAL ASFALTICO	% DE MATERIAL ASFALTICO	ADITIVO USADO	% DE ADITIVO EN IGUALDAD DE COSTO	DESPRENDIMIENTO POR FRICCION, EN %		
				MATERIAL SECO SIN LAVAR	MATERIAL CON LA HUMEDAD DE ABSORCION	NORMAS DE CONSTRUCCION S.C.T.
PR-3	5	- - - -	- - - -	15	No cubre	25 Máx.
PR-3	5	Pavi-flex	0.91	10	No cubre	25 Máx.

OBSERVACIONES El material ensayado escusó mala afinidad con el producto asfáltico PR-3. Dicha afinidad mejora notablemente mediante el empleo del aditivo para asfaltos denominado Pavi-flex, para el material en estado seco.

Comentarios sobre el caso 1.

En primer lugar, podemos observar que el material pétreo - satisface plenamente las especificaciones SCT, para su empleo en carpeta asfáltica por el sistema de riegos o bien, para riego de sello.

Pruebas de afinidad.- Las Normas de Construcción SCT establecen que la afinidad entre el material pétreo y el producto asfáltico, deberá cumplir en cada caso con los valores que se fijan en las tablas núms. III-1 y III-2, (ver páginas 57 y 58). En dichas tablas podemos ver que las pruebas a efectuar con los materiales para carpeta por el sistema de riegos o para riegos de sello, son la de cubrimiento con asfalto (metodo Inglés) y la de desprendimiento por fricción.

Con los resultados obtenidos mediante la prueba de cubrimiento con asfalto, podemos ver que no hay afinidad entre el material pétreo y el rebajado asfáltico propuestos, ya que no satisfacen las Normas SCT. Repitiendo la prueba , pero esta vez incorporando al rebajado asfáltico, cada uno y por separado los aditivos Adicot y Pavi-flex , podemos observar que con el primero de ellos, se obtiene cierta mejoría en la afinidad, pero aún así no se cumple con las Normas SCT.

Con el aditivo Pavi-flex , se cumple con las Normas SCT, siempre y cuando la incorporación del asfalto se haga en materiales pétreos secos.

Los resultados obtenidos en la prueba de desprendimiento por fricción nos indican que efectivamente, con el aditivo Pavi-flex , mejora la adherencia entre el material pétreo y el asfalto, cuando el pétreo se encuentra seco. Esta situación exige que el material pétreo esté seco en el momento de su utilización en obra.

CASO 2.

Pruebas de calidad del material pétreo.

- Composición granulométrica.

Abertura de la ma- lla (mm)	% que pasa la malla	% que debe pasar Normas SCT.
19.0		
12.7		
9.51	100	100
6.35	98	95 mín.
4.76	42	- - -
2.38	5	5 Máx.
0.42	0	0

La composición granulométrica que presenta el material, se ajusta perfectamente a las Normas SCT relativas a material pétreo de denominación 3B, para elaboración de mezcla asfáltica para car^upetas por el sistema de riegos o para riego de sello.

PRUEBAS EFECTUADAS.	VALOR OBTENIDO	NORMAS DE CONSTRUC- CION SCT.
Peso volumétrico seco suelto kg/m ³	1448	- - - -

PRUEBAS EFECTUADAS	VALOR OBTENIDO	NORMAS DE CONSTRUCCION SCT.
Absorción, en por ciento	2.04	- - - -
Densidad	2.68	- - - -
Desgaste tipo "C" en la máquina de Los Angeles, en por ciento.	13.6	30 Máx.
Intemperismo acelerado utilizando Sulfato de Sodio, en cinco ciclos de saturación y secado, en por ciento.	8.75	12 Máx.
Partículas lajeadas, en por ciento	38.0	35 Máx.
Partículas alargadas, en por ciento.	18.8	35 Máx.
Clasificación petrográfica.	CALIZA	

OBSERVACIONES.

El material ensayado cümple en general Normas de construcción SCT, a excepción del porcentaje de partículas lajeadas.

PRUEBAS DE AFINIDAD

NUESTRA DE Material de troyo para Riego de sello EXPEDIENTE NUM. PROCEDENCIA Trituradora Galeras Guadalupe, S. ENSAYE NUM. LOCALIZACION Huehualapa, Jal. FECHA DE RECIBO Mayo de 1990 ENVIADA POR FECHA DEL INFORME Junio de 1990						
CUBRIMIENTO METODO INGLES						
MATERIAL ASFALTICO	ESPESES DE LA PELICULA EN mm	ADITIVO USADO	% DE ADITIVO EN IGUALDAD DE COSTO	CUBRIMIENTO METODO INGLES, EN %		
				MATERIAL SECO SIN LAVAR	MATERIAL CON LA HUMEDAD DE ABSORCION	NORMAS DE CONSTRUCCION S. C. T.
PR-3	1.5	---	---	70	50	90 Min.
PR-3	1.5	Pavi-flex	0.91	100	70	90 Min.
PR-3	1.5	Adi-flex EN	0.29	100	100	90 Min.
DESPRENDIMIENTO POR FRICCION						
MATERIAL ASFALTICO	% DE MATERIAL ASFALTICO	ADITIVO USADO	% DE ADITIVO EN IGUALDAD DE COSTO	DESPRENDIMIENTO POR FRICCION, EN %		
				MATERIAL SECO SIN LAVAR	MATERIAL CON LA HUMEDAD DE ABSORCION	NORMAS DE CONSTRUCCION S. C. T.
PR-3	3.0	---	---	50	70	25 Mx.
PR-3	3.0	Adi-flex EN	0.29	20	25	25 Máx.
OBSERVACIONES El material ensayado acusó mala afinidad con el producto asfáltico PR-3, por lo que se requiere el uso de aditivos, obtenien- dose resultados aceptables con el aditivo Adi-flex EN.						

Comentarios sobre el caso 2.

El material pétreo se considera aceptable para su empleo - en mezcla asfáltica para riego de sello.

Pruebas de afinidad.- Según las Normas SCT, las pruebas - de afinidad a efectuar en este caso, son también la de cubrimiento con asfalto (método inglés) y la de desprendimiento por fricción.

Los resultados obtenidos con el método inglés, nos indican en primer lugar que no se satisfacen las Normas SCT, empleando el material pétreo con el rebajado asfáltico sólo. Utilizando el aditivo Pavi-flex , sí se cumple con las citadas Normas, pero únicamente cuando el material pétreo se encuentra seco. Con el aditivo Adi-flex "EN" se logran excelentes resultados, aún estando el material pétreo con su humedad de absorción.

Los resultados obtenidos mediante la prueba de desprendimiento por fricción comprueban que, empleando el rebajado asfáltico sin aditivo, no presenta buena afinidad con el material pétreo; sin embargo, empleando el aditivo Adi-flex "EN" se satisfacen plenamente los requisitos establecidos en las Normas SCT.

CASO 3.

INFORME DE PRUEBAS EN MATERIALES PARA MEZCLA ASFALTICA

OBRA	Rehabilitación de Pavimento.	
PROCEDENCIA	Carretera: Tuxtepec-Oaxaca.	ENSAYE NUM.
LOCALIZACION	Tramo: Ixtlán-Oaxaca.	FECHA DE RECIBO
ENVIADO POR		FECHA DE INFORME

CASO DE MUESTREO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Grava-Arena de Rio	PARA USARSE EN	mezcla asfáltica
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO	En almacén de la planta trituradora en banco.		
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO	Trituración parcial (muestra representativa)		
	UBICACION DEL BANCO DE DONDE PROCEDE EL MATERIAL PETREO	km 163+3 O 27 1600 del tramo citado.		
	TRAMO DE EN	A KM		

	NORMAS DE CALIDAD SCT	CARACTERISTICAS DEL MATERIAL PETREO
--	-----------------------	-------------------------------------

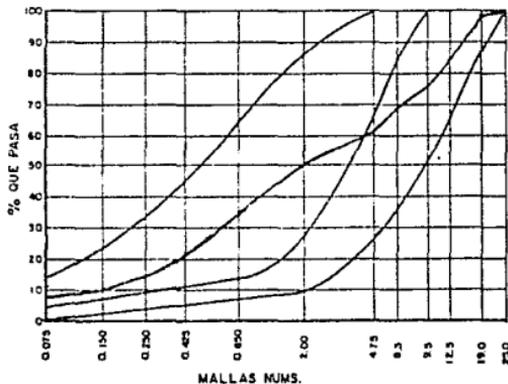
P.L. SECCO SUELTO, kg/m ³	1631
EQUIV. ARENA, %	39 55 Min.
DESGASTE, %	24 47 Max.
PART. ALARGADAS, %	12 35 Max.
PART. LAJADAS, %	10 35 Max.
ADHERENCIA	-
% DE TRIT.	00

COMPOSICION GRANULOMETRICA	T MAXIMO	1"
	DESPERDICIO %	2.2
	MALLA	% QUE PASA
	NUM. 25 0	100
	" 18.0	69
	" 17.5	94
	" 9.5	76
	" 8.5	69
	" 4.75	61
	" 2.00	50
	" 0.850	35
	" 0.425	22
" 0.250	14	
" 0.150	10	
" 0.075	4	

S.P. ESPECIFICA, m ² /kg	
P.E. RELATIVO	2.54
ABSORCION, %	3.13
INDICE ASFALTICO, kg/m ³	

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL PETREO

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

El material pétreo analizado presenta características físicas aceptables para su empleo en mezcla asfáltica.

CALIDAD DE MEZCLA ASPALTICA ELABORADA CON LA GRAVA-ARENA DE RIO
Y PRODUCTO ASPALTICO DE PRAGUADO RAPIDO, GRADO PR-3.

		ESPECIFICACIONES SCT	
Contenido óptimo de asfalto obtenido por CKE	%	5.6	-
Contenido de solventes (K)	%	0.04	0.05-0.08
Contenido de agua	%	0.0	1.0 Máx.
Edad de saturación en agua de la mezcla, en horas		96	96-120
Carga de compactación	kg/cm ²	100	
Peso específico máximo de la mezcla	kg/m ³	2028	
Resistencia	kg/cm ²	13.0	4.0 Mín.
Desprendimiento por fricción	%	25.0	25.0 Máx.
Pérdida de estabilidad	%	59.0	25.0 Máx.
Vacios	%	13.0	
Vacios en el arreado mineral	%	24.0	7.0 Mín.

OBSERVACIONES: La mezcla asfáltica analizada presentó una resistencia aceptable; observandose en la misma una regular afinidad entre material pétreo y asfalto.

CALIDAD DE MEZCLA ASFALTICA ELABORADA CON LA GRAVA-ARENA DE RIO Y PRODUCTO ASFALTICO REBAJADO DE FRAGUADO RAPIDO, GRADO PR-3 CON INCREMENTO AL MISMO DE ADITIVO ADIFLEX "B" EN PROPORCION DE 1.5 % EN VOLUMEN.

ESPECIFICACIONES SCT

Contenido óptimo de asfalto obtenido por CKE	%	5.6	
Contenido de solventes (K)	%	0.04	0.05-0.08
Contenido de agua	%	0.0	1.0 Máx.
Edad de saturación en agua de la mezcla	horas	96	96-120
Carga de compactación	kg/cm ²	100	
Peso específico máximo de la mezcla	kg/m ³	2019	
Resistencia	kg/cm ²	12.0	4.0 Mín.
Desprendimiento por fricción	%	20.0	25.0 Máx.
Pérdida por estabilidad	%	50.0	25.0 Máx.
Vacíos	%	13.0	
Vacíos en el agregado mineral	%	24.0	7.0 Mín.

OBSERVACIONES: La mezcla asfáltica analizada presentó una resistencia aceptable; observandose en la misma una regular afinidad entre material pétreo y asfalto.

CALIDAD DE MEZCLA ASFALTICA ELABORADA CON LA ARENA-GRAVA DE RIO Y PRODUCTO ASFALTICO REBAJADO DE FRAGUADO RAPIDO GRADO PR-3, CON INCREMENTO AL MISMO DE ADITIVO ADIFLEX "EN", EN PROPORCION DE 0.75% EN VOLUMEN.

ESPECIFICACIONES SCT

Contenido óptimo de asfalto obtenido por CKE	%	5.6	
Contenido de solventes (K)	%	0.04	0.05-0.08
Contenido de agua	%	0.0	1.0 Máx.
Edad de saturación en agua de la mezcla	horas	96	96 - 120
Carga de compactación	kg/cm ²	100	
Peso específico máximo de la mezcla	kg/m ³	2032	
Resistencia	kg/cm ²	13.0	4.0 Mín.
Desprendimiento por fricción	%	20.0	25.0 Máx.
Pérdida de estabilidad	%	54.0	25.0 Máx.
Vacíos	%	13.0	
Vacíos en el agregado mineral	%	24.0	7.0 Mín.

OBSERVACIONES: La mezcla asfáltica analizada presentó una resistencia aceptable; observandose en la misma una regular afinidad entre material pétreo y asfalto.

Comentarios sobre el caso 3.

Dado que los materiales de este caso se proponen para rehabilitación de carpeta asfáltica, en el informe de pruebas en materiales para mezcla asfáltica, podemos observar que el material pétreo cumple con las Normas SCT respectivas.

Pruebas de afinidad.- Las Normas SCT establecen como requisitos de aceptación, que los materiales para carpetas y bases asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar y en plantas estacionarias, deben cumplir con cuando menos dos de las siguientes pruebas:

- Desprendimiento por fricción
- Cubrimiento con asfalto (método inglés).
- Pérdida de estabilidad por inmersión en agua.

Se han elegido las pruebas de desprendimiento por fricción y pérdida de estabilidad por inmersión en agua, ya que con estas últimas se obtienen importantes características físicas de la mezcla asfáltica. En la tabla núm. VI-1 se resumen los resultados obtenidos de las pruebas, así mismo se hacen las observaciones que se han considerado pertinentes.

TABLA DE RESULTADOS DE ADHESION OBTENIDOS EN LAS MEZCLAS ASPALTICAS ELABORADAS CON GRAVA-ARENA DE RIO PARCIALMENTE TRITURADA Y PRODUCTO ASPALTICO PR-3, UTILIZANDO ADEMAS ADITIVOS PROMOTORES DE ADHESION ENTRE EL PETREO Y EL ASPALTO.

ADITIVO USADO EN LA MEZCLA ASPALTICA.	RESISTENCIA KG./CM ²	ADHESION DEL MATERIAL.		
		PERDIDA DE ES - TAB. %	DESPREND. POR FRICCION %	
			SECO	CON LA HUMEDAD DE ABSORCION.
Ninguno	13.0	59	25	65
Adiflex "B"	12.0	50	20	56
Adiflex "BN"	13.0	54	20	60

OBSERVACIONES: De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

La adherencia petreo-asfalto es buena, siempre y cuando la incorporaci3n del asfalto se haga en materiales p3treos secos. Si los p3treos contienen humedad, no se mejora la adherencia ni con el uso de aditivos.

**6.2.- ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL ADITIVO RQI-109,
PROMOTOR DE TRABAJABILIDAD EN MEZCLAS ASPALTICAS.**

INFORME DE CALIDAD DE REBAJADO ASFALTICO, GRADO PR-4.

ESPECIFICACIONES SCT.

Punto de inflamación, °C.	55	27 Mín.
Viscosidad Saybolt-Furol a 60°C, segundos.	770	
a 82°C, segundos.	191	125 - 250
Peso específico del producto a 25°C/25°C.	0.994	
Destilación, por ciento del total a 360°C.		
a 190°C.	0	
a 225°C.	22.4	8 Mín.
a 260°C.	51.0	40 Mín.
a 315°C.	71.4	80 Mín.
Peso específico del solvente a 25°C/25°C.	0.776	
Residuo de la destilación, hasta 360°C, por ciento del volumen por diferencia.	81.5	78 Mín.
Agua por destilación, por ciento.	0.0	0.2 Máx.
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION.		
Penetración 25°C, 100g y 5s	106	80 - 120
Ductilidad a 25°C, en cm.	81	100 Mín.
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento.	99.32	99.5 Mín.
Peso específico del residuo a 25°C/25°C.	1.043	

CALIDAD DEL PR-4 + RQI-108, EN PROPORCION DE 0.05% EN VOLUMEN.

ESPECIFICACIONES SCT.

Punto de inflamación, °C.	57	27 Mín
Viscosidad Saybolt-Purol		
a 60°C, segundos.	903	
a 82°C, segundos.	231	125 - 250
Peso específico del producto		
a 25°C/25°C.	0.944	
Destilación, por ciento del		
total a 360°C.		
a 190°C.	0	
a 225°C.	27.8	8 Mín.
a 260°C.	56.7	40 Mín.
a 315°C.	91.7	80 Mín.
Peso específico del solvente		
a 25°C/25°C.	0.772	
Residuo de la destilación,		
hasta 360°C, por ciento del		
volumen por diferencia.	82.0	78 Mín.
Agua por destilación, por		
ciento.	0.0	0.2 Máx.
PRUEBAS EN EL RESIDUO		
DE LA DESTILACION.		
Penetración		
25°C, 100g y 5s	100	80 - 120
Ductilidad a 25°C, en cm.	78	100 Mín.
Solubilidad en tetracloruro		
de carbono, por ciento.	99.73	99.5 Mín.
Peso específico del residuo		
a 25°C/25°C.	1.044	- - -

CALIDAD DE MATERIAL PETREO PARA CONCRETO ASPALTICO.

TIPO DE MATERIAL: Caliza totalmente triturada.

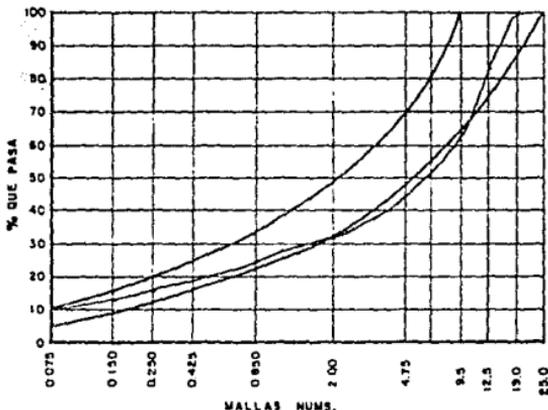
EQUIVALENTE DE ARENA: 38%

DENSIDAD DEL CUERPO DE INGENIEROS: 2.66

COMPOSICION GRANULOMETRICA:

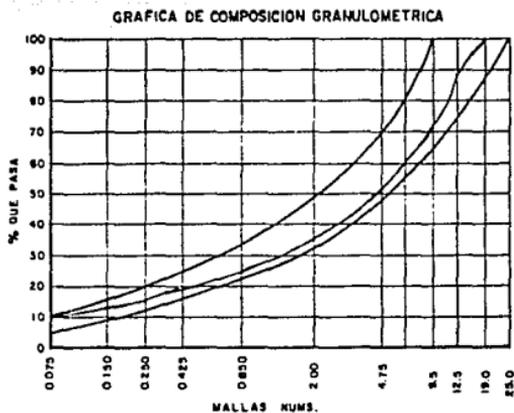
Malla núm.	% que pasa.
25.0	
19.0	100
12.5	83
9.5	63
6.3	52
4.75	45
2.00	32
0.850	24
0.425	19
0.250	16
0.150	13
0.075	10

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



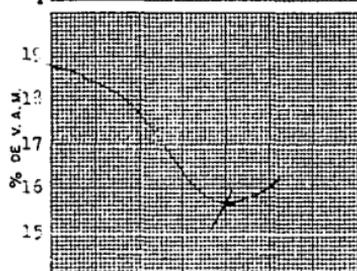
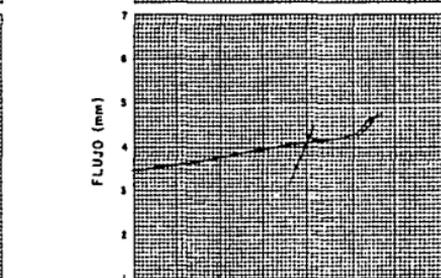
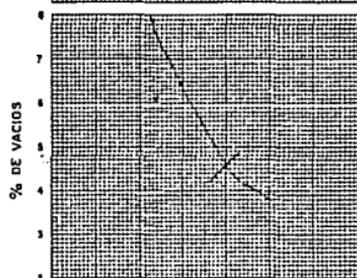
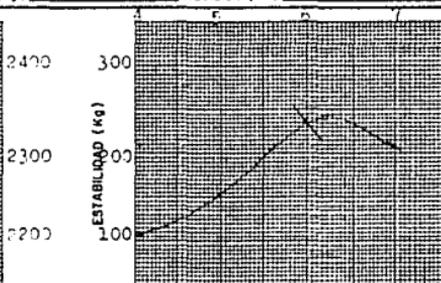
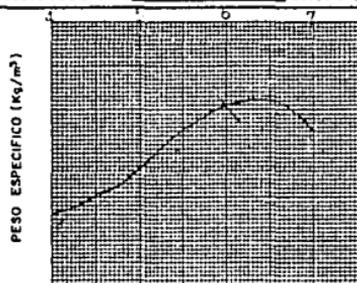
AJUSTE DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL PETREO A FIN
DE SATISFACER LO ESPECIFICADO POR LAS NORMAS DE CONSTRUCCION SCT.

Malla núm.	% que pasa
25.0	100
19.0	88
12.5	88
9.5	71
6.3	60
4.75	51
2.00	36
0.850	24
0.425	19
0.250	16
0.150	13
0.075	10



PRUEBA MARSHALL

OBRA <u>Carretera asfáltica para hachep</u>	ENSAYE NUM. _____
PROCEDENCIA _____	FECHA DE RECIBO _____
LOCALIZACION _____	FECHA DE INFORME _____
ENVIADO POR _____	_____
MATERIAL PARA CAPA DE _____	_____
UBICACION DE LA PLANTA _____	_____
OBJETO DEL ENSAYE _____	_____
ESTUDIO (<u> </u>)	REVISIÓN (<u> </u>)



% C.A. EN PESO RESPECTO AL AGREGADO
MEZCLA ELABORADA CON P-2 SIN ADITIVO

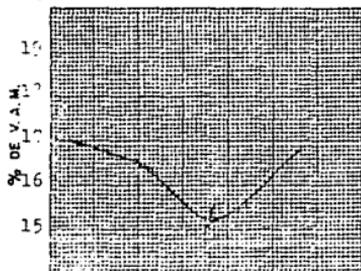
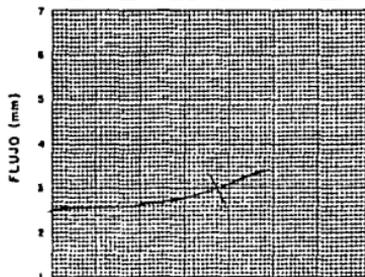
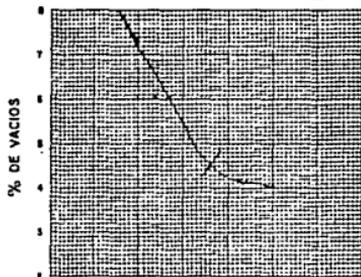
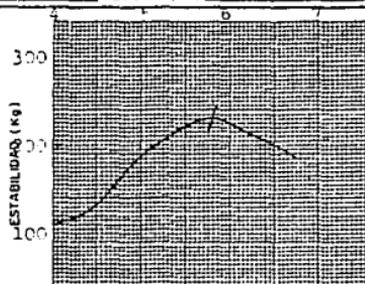
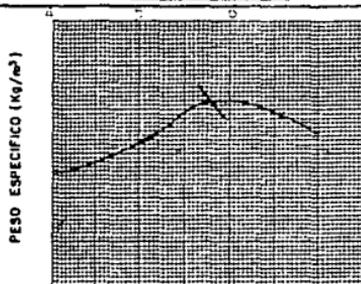
CARACTERÍSTICAS	DATOS OBTENIDOS	ESPECIFICACIONES
P. E. CUERPO DE INGENIEROS	2.66	
CORTEADO OPTIMO DE C.A. (%)	6.0	
PESO VOLUMETRIC	2360	
VACIOS (%)	4.4	
V. A. M. (%)	15.6	
ESTABILIDAD (kg)	240	
FLUJO (mm)	4.1	

ESPECIMEN COMPACTADO CON 50 GOLPES DEL PISTON POR CARA A LA TEMPERATURA DE 50°C y probados a 50°C

% C.A. EN PESO RESPECTO AL AGREGADO

PRUEBA MARSHALL

OBRA: <u>Mezcla asfáltica para base</u>	ENSAYE N.º _____
PROCEDENCIA _____	FECHA DE RECIBO _____
LOCALIZACIÓN _____	FECHA DE INFORME _____
ENVIADO POR _____	
MATERIAL PARA CAPA DE _____	
UBICACION DE LA PLANTA _____	
OBJETO DEL ENSAYE _____	ESTUDIO (X) _____
	REVISION () _____



AGREGADO: % C.A. EN PESO RESPECTO AL AGREGADO
 P.B. + 0.05% DE P.B. + 10% EN VOLÚMEN

CARACTERÍSTICAS	DATOS OBTENIDOS	ESPECIFICACIONES
P. E. CUERPO DE INGENIEROS	2.56	
CONTENIDO OPTIMO DE C.A. (%)	5.2	
PESO VOLUMETRICO	23.5	
VACIOS (%)	4.5	
V.A.M. (%)	15.5	
ESTABILIDAD (Kg)	250	
FLUJO (mm)	3.0	

ESPECIMEN COMPACTADO CON E.O.
 GOLPES DEL PISON POR CADA A LA TEMPERATURA
 DE 50°C Y PROBADO A 60°C.

VALOR DE LA RELACION SOLVENTES ASPALTO (K), Y LA VELOCIDAD DE EVAPORACION DE LOS SOLVENTES EN MEZCLAS ASPALTICAS ELABORADAS CON Y SIN ADITIVO RQI-108.

Edad en días.	PR-3 sin aditivo.	PR-3 con 0.05% de RQI-108.
V A L O R D E K		
Al momento de incorporar el producto.	0.1628	0.1628
Despues de mezclar y lograr el cubrimiento total del pétreo.	0.1041	0.1111
1	0.0521	0.0594
2	0.0446	0.0594
3	0.0446	0.0524
6	0.0327	0.0414
7	0.0101	0.0297

OBSERVACIONES:

Las observaciones fueron hechas en una mezcla elaborada con 2000 gr de material y 138 gr de PR-3, comprobandose que la velocidad de evaporación es más lenta en las mezclas con el aditivo RQI-108.

Comentarios sobre los ensayos realizados.

De los resultados obtenidos de las pruebas de calidad del rebajado asfáltico PR-4, con y sin aditivo, podemos observar como efecto principal, que al incorporar el aditivo -- RQI-108 al asfalto, la ductilidad y la penetración del residuo asfáltico tienden a disminuir.

Calidad del material pétreo.- La granulometría original - del material pétreo se sale ligeramente de la zona especificada por las Normas SCT, por lo que para lograr los objetivos que en el presente estudio se persiguen, ha sido necesario modificar la granulometría de modo tal, que cumpla con las Normas mencionadas.

Diseño de mezcla asfáltica.- Durante el mezclado de los - materiales, se observó que empleando el aditivo RQI-108, - el asfalto cubre con mayor facilidad las partículas del ma- terial pétreo; así mismo se observan, una ligera disminu- ción del contenido óptimo de asfalto y una reducción en el flujo.

Velocidad de evaporación de solventes.- Por los resultados obtenidos en esta prueba, podemos observar que la veloci- dad de evaporación de los solventes en la mezcla con RQI-- 108, es más lenta que en la mezcla elaborada sin aditivo.

C A P I T U L O V I I .

CONCLUSIONES.

En el presente trabajo se ha presentado una breve reseña - histórica del empleo que se ha dado a los materiales asfálticos al paso de los años, se han mencionado también su -- origen, obtención y clasificación, así como las pruebas y Normas de calidad a las que se deben sujetar para su mejor aprovechamiento en los trabajos de pavimentación.

Se han expuesto las características que se pueden mejorar mediante el empleo de aditivos, durante la elaboración y -- tendido de las mezclas asfálticas, así como durante las -- etapas de conservación y rehabilitación de pavimentos flexibles.

Se ha dedicado un capítulo completo a los problemas de afinidad que se presentan entre los materiales pétreos y el -- asfalto, así como las alternativas para resolverlos.

Se hace ver la importancia que se debe dar al transporte , manejo y almacenamiento de los materiales asfálticos y los aditivos, ya que en mucho depende de estos factores la duración de las carpetas asfálticas, tratamientos superfi -- ciales y otros trabajos donde se emplean dichos materiales.

Mediante la investigación del comportamiento de algunos -
aditivos, se ilustra el modo de elección y de empleo de es
tos productos bajo el criterio de lograr una buena calidad
en la obra, sin descuidar la economía.

Los resultados obtenidos de las pruebas de que consta el -
estudio, nos hacen ver que los aditivos suelen ser la solu
ción para casos muy particulares, debido a la gran varie--
dad de materiales pétreos existentes en la naturaleza, los
cuales presentan distintos comportamientos al ser mezcla--
dos con el asfalto.

Finalmente cabe señalar que, debido a que en la actualidad
no se están tomando medidas serias para sustituir a los ma
teriales asfálticos en los trabajos de construcción y con--
servación de obras viales, es necesario dar mayor importan--
cia al estudio y desarrollo de aditivos que permitan lo --
grar un mejor comportamiento de dichas obras, ya que las -
vías de comunicación y transporte terrestre representan un
factor muy importante para la economía nacional.

B I B L I O G R A F I A

- ASPALTOS. Manuel Velázquez, Ingeniero de Caminos Madrid, España, 1961.
- INTRODUCCION AL ASFALTO. Instituto del Asfalto , College Park, Maryland, E.U., Manual de la serie No. 5, Noviembre de 1967.
- EL ORIGEN Y DESARROLLO DEL ASFALTO. Instituto del Asfalto, College Park, Maryland, E.U. Marzo de 1963.
- SIGNIFICADO DE LAS PRUEBAS DE LOS MATERIALES ASFALTICOS. Marshall Brown y Fred Benson; A and M College, Texas, E.U., Octubre de 1963.
- EMULSIONES ASFALTICAS PARA CAMINOS. Manuel Bustamante Velasco y Domingo Sanchez Rosado, Revista "Ingeniería", Publicación de la Facultad de Ingeniería, UNAM, Abril de 1967.
- ESTRUCTURACION DE VIAS TERRESTRES. M. en I. Fernando Olivera Bustamante, México, 1966.

- INSTRUCTIVO SOBRE EL USO DE ADITIVOS PARA PRODUCTOS ASPALTICOS. SOP, México, 1968.
- NORMAS en vigor de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, D.F.
- CONCLUSIONES DEL XV CONGRESO MUNDIAL DE CARRETERAS celebrado en la Ciudad de México, D.F., Octubre de 1975.