UNIÓN TEMPORAL B&A BACHEO L2	
DIAGNOSTICO, CONSTRUCCION Y/O REHABILITACION MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA FASE IV" LOTE 2	
CONTRATO N° 4186 DEL 14 DE NOVIEMBRE DE 2023	
NIT: 901.770.081-8	

DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL PROYECTO: DIAGNOSTICO, CONSTRUCCION Y/O REHABILITACION Y/O MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA FASE IV. LOTE 2

TRAMOS: CALLE 7 ENTRE AV 11 Y 11F TORCOROMA
AVENIDA 12 ENTRE CL8N Y CL 4 SAN MARTIN

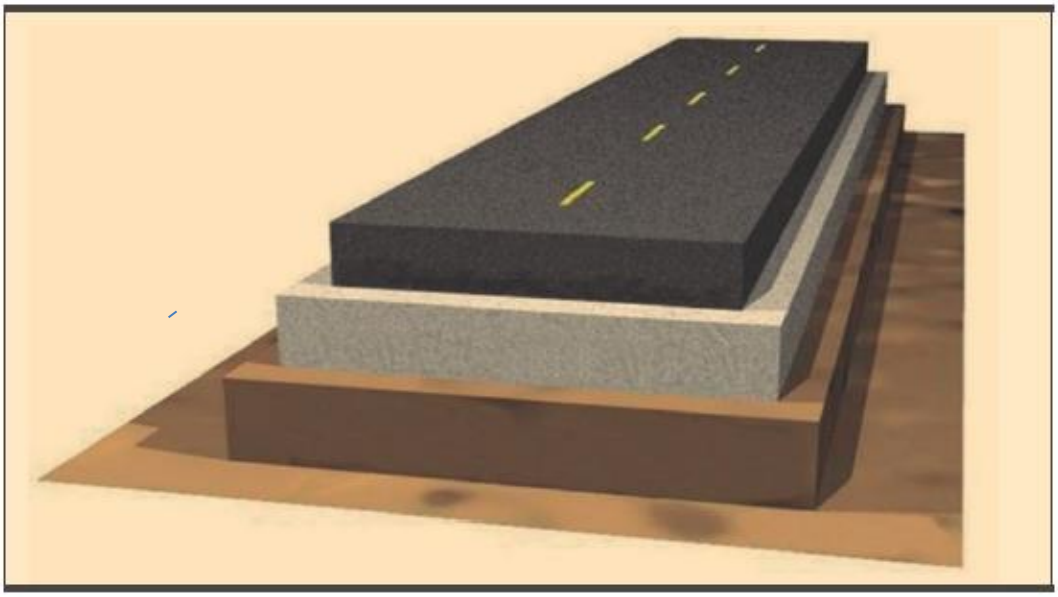


IMAGEN REFERENCIA

HERNANDO GARCIA
Ingeniero Civil, Especialista en Vías y Transporte
Consultor

Noviembre 2023

CALLE 11 0-34 Edificio colegio médico Ofc 6-06
Teléfono: 3208293341
Correo: uniontemporalbacheol2@gmail.com

CONTROL DE IDENTIFICACIÓN Y REVISIÓN DE DOCUMENTOS

Versión 1

FECHA: 30 de noviembre 2023

Elaboración y revisión Consultoría

Responsable Elaboración	**Nombre**	J. Hernando García J.
	Cargo	Especialista en Vías y Transporte
	Firma	
Responsable Revisión	**Nombre**	
	Cargo	
	Firma	

Revisión Interventoría

Responsable Revisión	**Nombre**	
	Cargo	
	Firma	
Responsable Aprobación	**Nombre**	
	Cargo	
	Firma	

CONTENIDO

1. INTRODUCCION 5

2. OBJETIVOS 6

2.1. OBJETIVO GENERAL 6

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS 6

3. LOCALIZACIÒN DEL PROYECTO 7

4. METODOLOGIA DE TRABAJO 8

5. TRANSITO DE DISEÑO 9

5.1 RESUMENES DE LOS AFOROS 10

5.2 DETERMINACION DEL FACTOR CAMION 11

5.3 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO Y DURANTE EL PERÍODO DE DISEÑO (N) (AÑO2022) 14

5.3.1 RESULTADOS DE EJES EQUIVALENTES 14

5.4 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE TRANSITO 15

6. TIPO DE SUELO 15

6.1 CBR DE DISEÑO 16

7. MODULO DE RESILIENTE DE LA SUB-RASANTE 17

8. DISEÑO DE ESPESORES POR EL METODO DE LA AASHTO 17

8.1 CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES **17**

8.1.1 MEZCLA DENSA EN CALIENTE 18

8.1.2 BASE GRANULAR. 19

8.1.3 SUB BASE GRANULAR 20

8.2 NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO **21**

8.2.1 DETERMINACION DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (CALCULO TIPO, VÍA CALLE 7 ENTRE AVENIDAS 11 Y 11F BARRIO TORCOROMA) 22

8.2.2 ERROR NORMAL COMBINADO So 23

8.2.3 NIVEL DE SEVICIALIDAD 23

8.2.4 COEFICIENTE DE APORTE Y DRENAJES 24

8.3 DETERMINACION DE ESPESORES **24**

9. ESPECIFICACIONES TECNICAS **31**

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **32**

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS **37**

1. INTRODUCCION

Se presenta a continuación del diseño de la estructura de pavimento para el proyecto DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL PROYECTO: DIAGNOSTICO, CONSTRUCCION Y/O REHABILITACION Y/O MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA FASE IV. LOTE 2, para las vías:

Calle 7 entre avenidas 11 y 11F del barrio Torcoroma

Avenida 12 entre calles 8N y calle 4 del barrio San Martin

Para tal fin se realizaron los estudios y diseños técnicos necesarios y/o complementarios para las vías objeto de la presente consultoría de diseño de pavimento.

En este volumen se encuentra la proyección del tránsito para la vida útil de la estructura de pavimento, el cálculo de la capacidad de soporte de diseño (CBR de diseño), considerando el criterio del instituto del asfalto para tal fin y tres alternativas de estructuras de pavimento, de acuerdo a las características geotécnicas de la sub-rasante encontrada y a la variable transito calculada.

Se anuncian las especificaciones para la ejecución de obra y recomendaciones generales para su construcción.

Los espesores de la estructura de pavimento se determinaron mediante el uso de la metodología de la AASHTO.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Con base en la información obtenida para el estudio, y en los trabajos complementarios realizados dentro de la exploración geotécnica, realizar el diseño de la estructura del pavimento flexible para *proyecto DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL PROYECTO: DIAGNOSTICO, CONSTRUCCION Y/O REHABILITACION Y/O MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA FASE IV. LOTE 2, para las vías*: Calle 7 entre avenidas 11 y 11F del barrio Torcoroma, Avenida 12 entre calles 8N y calle 4 del barrio San Martin, para las solicitaciones de tránsito esperado en el sector durante el período de diseño .

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Calcular la capacidad de soporte de diseño (CBR de diseño)

Definir la variable N (variable tránsito)

Estimar el modulo resiliente de la sub-rasante, M_R

Realizar el diseño de la estructura de pavimento flexible, de manera que garanticen el nivel de servicio adecuado a lo largo del período de diseño.

Recomendar los materiales y sus especificaciones técnicas para garantizar el cumplimiento de los diseños propuestos.

Emitir las recomendaciones constructivas para acometer y garantizar el normal desarrollo del proyecto.

3. LOCALIZACIÒN DEL PROYECTO

Calle 7 entre avenidas 11 y 11F del barrio Torcoroma



Avenida 12 entre calles 8N y calle 4 del barrio San Martin



4. METODOLOGIA DE TRABAJO

A continuaciòn se presenta la metodologìa general empleada en la evaluaciòn y el diseño de las estructuras de pavimento, a continuacion se describen cada una de las etapas:

Visita de especialistas. Se realizò una visita para observar, analizar y estudiar el proyecto dentro del entorno.

Diseño de estructura alternativa. Mediante la metodología de la AASHTO para el diseño de pavimentos flexcibles, se establecieron los parámetros requeridos en consideraciòn con la importancia de las vías dentro de la movilidad de la ciudad y el régimen de tránsito proyectado con base en la operatividad del sector, esto, junto a la capacidad estructural de del suelo de fundacion encontrado, permitió establecer los espesores acertados de la estructura de pavimento.

5. TRANSITO DE DISEÑO

El volumen de transito se define como el número de vehículos que circulan por un punto o sección transversal de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado de tiempo y se expresa en número de vehículos/periodo de tiempo; estos volúmenes son absolutos cuando se tiene el número total de vehículos que pasan en un periodo de tiempo, por lo tanto se tendrán volúmenes totales como transito anual (TA), transito mensual (TM), transito semanal (TS), transito diario (TD) y transito horario (TH).

El transito promedio diario es el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado en días completo que sea igual o menor a un año y mayor a un día, dividido en el número de días de ese periodo, en consecuencia se puede tener transito promedio diario anual (TPDA), transito promedio diario mensual (TPDM) y transito promedio diario semanal (TPDS). La abstención de esta información es costosa dependiendo del periodo de tiempo, pues se trata de cuantificar ininterrumpidamente hora por hora los vehículos que circulan durante un periodo de tiempo seleccionado.

Todo pavimento debe ser diseñado para soportar el tránsito inicial y aquel que pase durante su vida de servicio. El tránsito inicial de vehículos comerciales utilizado para el diseño del pavimento será la suma del normalmente existente, el atraído y el generado.

En nuestro caso, el transito se estima con observación directa en la vía objeto y las caracteristicas socio-economicas del sector de aplicación del proyecto y teniendo en cuenta el desarrollo de la calidad de vida y la proyeccion de servicio.

Para este proyecto, por ser una rehabilitacion de una vía existente, y teniendo en cuenta el mal estado de las mismas, la movilidad y constumbres de traslado de las personas de los diferentes sectores, se tomaron aforos durante tres dias, mediante observacion directa (manuales) , y en un peridodo de 14 horas. En los aforos se tuvieron en cuenta vehículos tipo automovil, bus y camión.

Una vez realizados los estudios de tráfico en los sitios, el transito registrado se discrimina en vehículos livianos y comerciales, estos últimos son los que realmente se tienen en cuenta para el diseño.

El transito así obtenido habrá de proyectarse hacia el futuro una vez establecido el periodo de diseño y determinada la tasa anual de crecimiento del tránsito. Tradicionalmente en Colombia las proyecciones del tránsito se han efectuado utilizando el modelo exponencial expresado mediante la expresión **Tn = Ti*(1+r) ^n**, Donde:

Tn: Transito en cualquier año n.
Ti: Transito en el año cero (inicial).
r: tasa anual de crecimiento anual del tránsito.

A partir de la expresión anterior es posible por integración obtener el transito acumulado durante los **n** años del periodo de diseño, mediante la siguiente ecuación:

$$\textbf{T acumulado} = \mathbf{Ti}\,\frac{(\,(\mathbf{1+r})^{\mathbf{n}})-\mathbf{1}}{\ln(\mathbf{1+r})}$$

5.1 RESUMENES DE LOS AFOROS

Calle 7 entre avenidas 11 y 11F del barrio Torcoroma

AFORO VEHICULAR ESTUDIO DE TRÁFICO

FECHA: NOVIEMBRE/2023

UBICACIÓN CALLE 7 AV 11 Y 11F TORCOROMA **CIUDAD: CÚCUTA - BARRIO TORCOROMA**

PERIODO		Martes 19 de noviembre de 2023			Miercoles 20 de noviembre de 20223			Sábado 23 de noviembre de 2023		
		AUTO	BUS	C2	AUTO	BUS	C2	AUTO	BUS	C2
INICIAL	FINAL									
		DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO
6:00	7:00	40	6	6	39	5	5	34	5	5
7:00	8:00	47	5	8	44	7	6	33	5	6
8:00	9:00	32	6	7	46	8	6	42	7	5
9:00	10:00	39	7	6	38	8	5	50	8	5
10:00	11:00	50	6	7	46	7	5	59	8	6
11:00	12:00	51	8	6	54	9	7	50	7	5
12:00	13:00	67	9	6	59	8	8	49	8	7
13:00	14:00	55	9	5	61	7	7	42	8	5
14:00	15:00	54	9	9	54	7	6	48	6	3
15:00	16:00	50	8	9	48	6	5	45	6	4
16:00	17:00	45	8	6	44	7	6	41	7	3
17:00	18:00	55	7	5	41	8	3	39	6	1
18:00	19:00	35	6	0	38	7	1	36	6	0
19:00	20:00	32	6	0	36	5	0	28	5	0

Avenida 12 entre calles 8N y calle 4 del barrio San Martin

AFORO VEHICULAR ESTUDIO DE TRÁFICO

FECHA: NOVIEMBRE/2023

UBICACIÓN AVENIDA12 ENTRE CALLE 8N Y CALLE 4 **CIUDAD: CUCUTA - BARRIO SAN MARTIN**

PERIODO		Martes 28 de noviembre de 2023			Miercoles 29 de noviembre de 2023			Sábado 02 de diciembre de 2023		
		AUTO	BUS	C2	AUTO	BUS	C2	AUTO	BUS	C2
INICIAL	FINAL									
		DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO
6:30	7:30	85	15	1	95	16	1	116	13	2
7:30	8:30	87	20	2	103	14	2	101	12	3
8:30	9:30	94	18	3	104	19	3	93	14	3
9:30	10:30	110	22	4	111	21	4	97	15	4
10:30	11:30	122	16	4	135	20	3	111	17	5
11:30	12:30	134	20	4	129	17	3	129	22	5
12:30	13:30	125	21	5	124	22	2	121	18	3
13:30	14:30	130	17	4	114	21	3	130	16	3
14:30	15:30	119	16	3	118	19	3	111	15	2
15:30	16:30	96	14	3	113	18	4	103	18	0
16:30	17:30	107	22	2	90	16	4	85	15	1
17:30	18:30	118	21	1	78	13	1	89	11	0
18:30	19:30	89	9	0	78	9	0	101	11	0
19:30	20:30	71	3	0	55	5	0	58	6	0

5.2 DETERMINACION DEL FACTOR CAMION

En la determinación del factor camión en nuestro medio son utilizadas tres metodologías para la obtención de del factor camión: por conteo y pesaje de los vehículos comerciales, por el método MOPT-INGEROUT y por el propuesto por la Universidad del Cauca. Los factores de equivalencia de carga por eje (FC)

proporcionan una manera de expresar niveles equivalentes de daños entre ejes, sin embargo, este daño se puede expresar en términos de la cantidad del deterioro producida por un determinado vehículo. Factor camión es el número de ejes simples equivalentes de referencia que producen el mismo daño que a pasada de un vehículo. El Factor camión es calculado como un promedio para todo el flujo del tránsito pesado. Para este proyecto se aplicara la última metodología que cuenta con la ayuda de la Tabla

Factores de daño para vehículos cargados

FACTORES DE DAÑO PARA VEHÍCULOS CARGADOS	
TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DAÑO
C2P	1,14
C2G	3,44
C3	3,76
C2 – S1	3,37
C4	6,73
C3 – S1	2,22
C2 – S2	3,42
C3 – S2	4,40
C3 – S3	4,72
BUS P – 600	0,40
BUS P – 900	1,00
BUSETA	0,05

Fuente: MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2006.

Se determinó el factor camion, asi:

Calle 7 entre avenidas 11 y 11F del barrio Torcoroma

	AUTOS	BUSES	CAMIONES
TPDS =	632	97	68
TPDS =		797	
TPDS COMPOSICION =	79.3%	12.17%	8.53%
TPDS COMP AJUSTADA=	79%	12.00%	9%

FACTOR CAMION	TRANSITO	FACTOR DAÑO	T * FC
C2 PEQUEÑO	68	1.14	77.52
C2 GRANDE	0	3.44	0
SUMATORIA	68		77.52

FACTOR CAMION =	1.14

FACTOR VEH COMERCI	% TRANSITO	FACTOR DAÑO	%T * FC
BUSES	12	1	12
CAMIONES	9	1.14	9.73
SUMATORIA	21		21.73

FACTOR CAMION VC =	1.06

Avenida 12 entre calles 8N y calle 4 del barrio San Martin

	AUTOS	BUSES	CAMIONES
TPDS =	1460	222	33
TPDS =		1715	
TPDS COMPOSICION =	85.1%	12.94%	1.92%
TPDS COMP AJUSTADA=	85%	13%	2%

FACTOR CAMION	TRANSITO	FACTOR DAÑO	T * FC
C2 PEQUEÑO	33	1.14	37.62
C3	0	3.76	0
SUMATORIA	33		37.62

FACTOR CAMION =	1.14

FACTOR VEH COMERCI	% TRANSITO	FACTOR DAÑO	%T * FC
BUSES	13	1	13
CAMIONES	2	1.14	2.19
SUMATORIA	15		15.19

FACTOR CAMION VC =	1.02

5.3 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO Y DURANTE EL PERÍODO DE DISEÑO (N) (AÑO2022)

Con base en el TPD y los factores de daño, se obtuvo el Número de Ejes Equivalentes de 8,2 toneladas. El factor carril se adoptó igual a uno (0.5) teniendo en cuenta que la vía constará de dos carriles y el Factor direccional se adoptó en 90% ya que es una vía con dos carriles en el mismo sentido.

5.3.1 Resultados de ejes equivalentes

El resultados del cálculo del tránsito de diseño N, calculado para un periodo de diseño de 10 años a parir del año 2023, expresado como el número de repeticiones de ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el carril de diseño en el periodo de diseño se obtuvo mediante la aplicación de la siguiente formula:

$$N = TPD * \frac{A}{100} * \frac{B}{100} * 365 * \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} * FC$$

Donde, en el caso de la via

Calle 7 entre avenidas 11 y 11F del barrio Torcoroma

TPD =	797
% VEH PESADOS =	0.21
% VEH PESADOS CARRIL DE DISEÑO =	0.9
RATA DE CREC % =	4%
PERIODO DE DISEÑO =	10
FACTOR CAMION =	1.06
(N) ESAL =	696,514

N = 696.514 ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el periodo de diseño.
N = 700.000 ejes equivalente de 8,2 toneladas

Avenida 12 entre calles 8N y calle 4 del barrio San Martin

TPD =	1715
% VEH PESADOS =	15%
% VEH PESADOS CARRIL DE DISEÑO =	90%
RATA DE CREC % =	4%
PERIODO DE DISEÑO =	10
FACTOR CAMION =	1.02
(N) ESAL =	1,048,109

N = 1.048.109 ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el periodo de diseño.
N = 1.050.000 ejes equivalente de 8,2 toneladas

5.4 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE TRANSITO

El valor de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño para las vías son:

Calle 7 entre avenidas 11 y 11F del barrio Torcoroma, N = 700.000 ejes equivalente de 8,2 toneladas

Avenida 12 entre calles 8N y calle 4 del barrio San Martin, N = 1.050.000 ejes equivalente de 8,2 toneladas

Este valor pueden y deben ser incluidos con variable transito (N) en los metodos de diseño de pavimento.

6. TIPO DE SUELO

La empresa GEOTECNICAS DEL NORTE , presenta el documento del proyecto INFORME DE ESTUDIO DE SUELOS, realiza el estuido de suelños para el diseño depavimentos, con los siguientes resultados:

SECTOR	APIQUE NO.	CONTENIDO DE HUMEDAD	GRANULOMETRÍA			LÍMITES DE ATTERBERG		
			% GRAVA	% ARENA	% FINOS	LL	LP	IP
SAN MARTIN	1	7%	0,1	36,4	63,5	20	8	12
	2	11%	1,2	31,2	67,6	23	10	13
BOCONÓ	3	16%	0,1	30	69,9	32	9	23
TORCOROMA	4	4%	52,8	38,8	8,4	NL	NP	NP
	5	11%	68,3	17,7	13,9	22	14	8

Fuente: Documento INFORME ESTUDIO DE SUELOS, por GEOTECNICAS DEL NORTE

El resumen de los ensayos de CBR es:

PUNTO	CBR INALTERADO		CBR DE LABORATORIO
	CONDICIÓN		CONDICIÓN
	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SUMERGIDO
SAN MARTIN	6%	2%	----
LA CAROLINA	3%	2%	----
SAN LUIS	----	----	8,5% (al 100% de compactación)
TORCOROMA - HERMANAS CALCUTA	----	----	12,8 (al 95% de compactación) 19,4 (al 98% de compactación) 25,0 (al 100% de compactación)
TORCOROMA - CANCHA	----	----	12,1 (al 95% de compactación) 18,5 (al 98% de compactación) 24,5 (al 100% de compactación)

6.1 MEJORAMIENTO DEL SUELO

De acuerdo al documento estudio de suelos. Se propone un mejoramiento en el suelo del tramo del proyecto en el barrio San Mrartín. Este mejoramiento consiste en el reemplazo con material granular de prestamo, estabilizado con cemento, en un espesor de 15 centimetro.

Con ese mejoramiento, la capacidad de soporte en estado sumergido no se verá tan disminuida, sin embarog, y como medida de seguridad, trabajaremos el diseño de la estructura con un CBR del 3%. Solo para el barrrio San Martín.

Para el diseño de la estructura en el barrio torcoroma, sector de las Hermanas Calculta, el CBR de diseño tomado es del 18.5%

7. MODULO DE RESILIENTE DE LA SUB-RASANTE

El módulo Resiliente de la sub-rasante ha sido estimado en función de su CBR, mediante la siguiente correlación, que recomienda la Guía de la AASHTO, para CBR mayores o iguales a 3.0% pero menores a 7.2%

M_{R1} = 1500* CBR

M_{R1} = 1500 * (3%)

M_{R1} = 4500 psi, para la vía del barrio San Martin

Para la vía del barrio torcoroma se tiene:

M_{R1} = 4326 + Ln (CBR) +241

M_{R1} = 4326 + Ln (19.4) +241

M_{R1} = 13068 psi

8. DISEÑO DE ESPESORES POR EL METODO DE LA AASHTO

En el presente capítulo, con fundamento en el concepto del número estructural, se determinan los espesores de cada uno de los materiales requeridos para proteger la sub-rasante de las deformaciones permanentes generadas por el tráfico, aspectos discutidos en los capítulos precedentes.

8.1 CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES

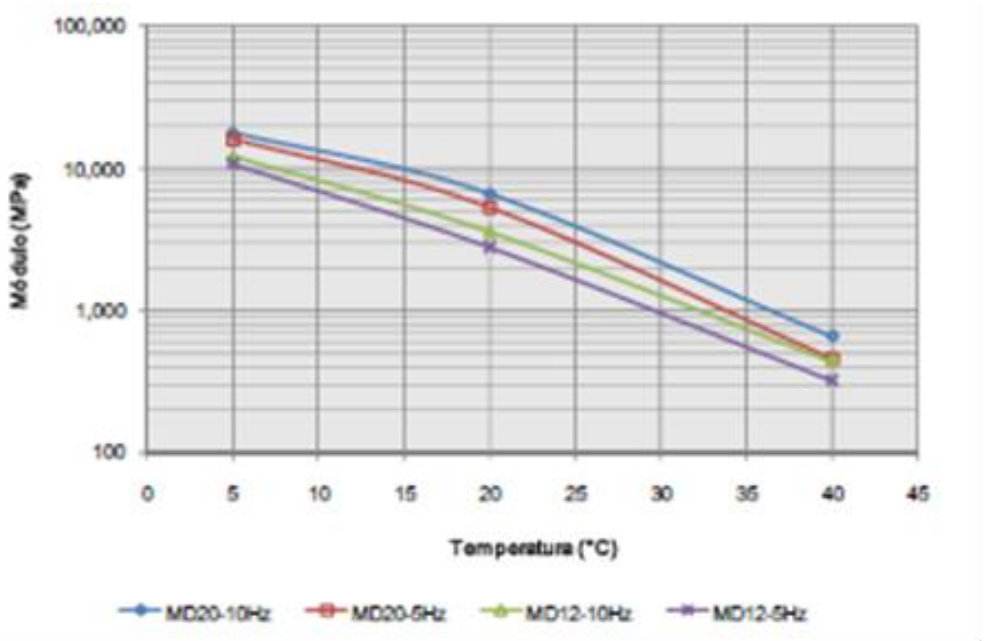
Previo al dimensionamiento de espesores, se hace necesario caracterizar los materiales contemplados en cada alternativa propuesta con base en los

requerimientos técnicos mínimos contemplados en las Especificaciones Técnicas de Materiales y Construcción del INVIAS 13, aspectos descritos a continuación.

8.1.1 Mezcla Densa en Caliente

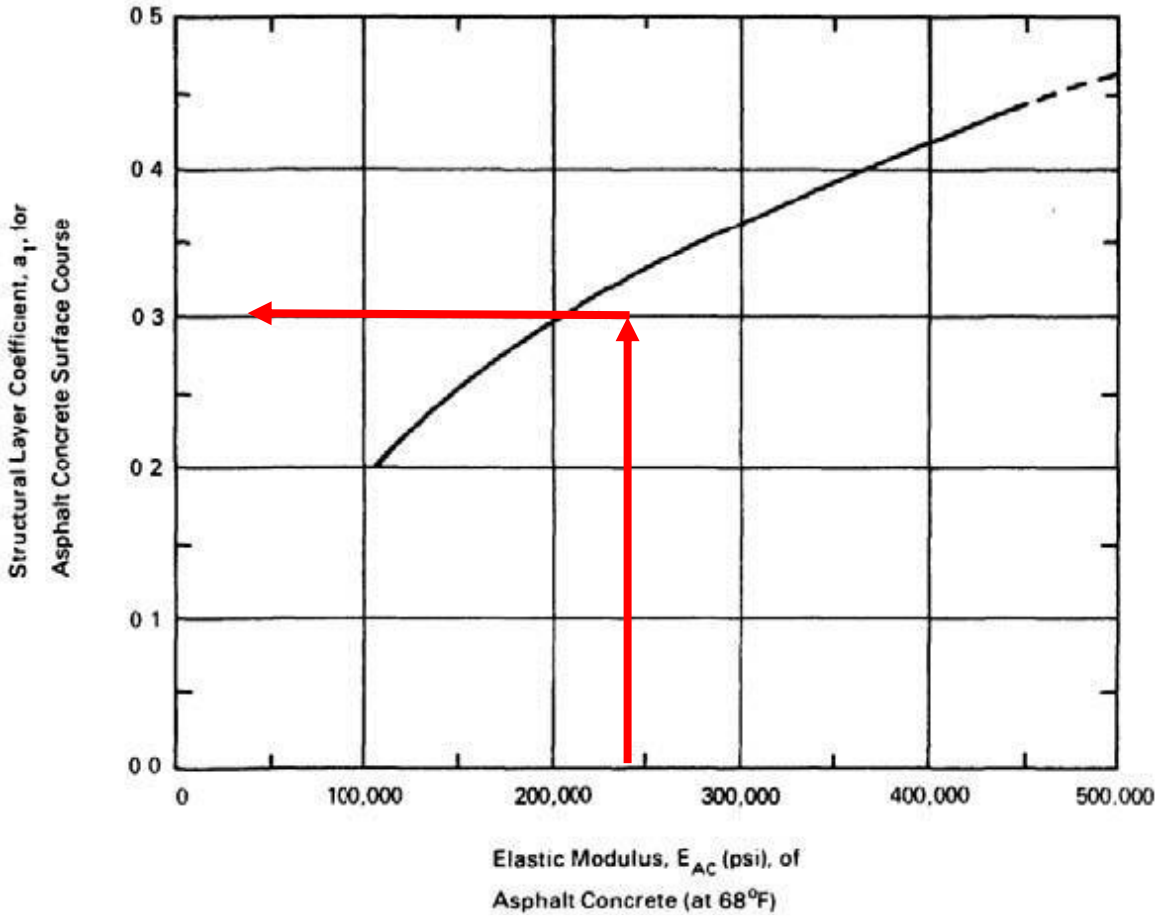
Se ha empleado un aporte estructural de 0.30 para la mezcla asfáltica en caliente tipo MDC19 y MDC25, teniendo en cuenta las recomendaciones del manual de diseño del INVIAS, para condiciones de climas cálidos. Este consultor considera un módulo de la mezcla asfáltica de 1379 MPa, teniendo en cuenta el aporte estructural, las características de la zona y la experiencia en otros proyectos.

Grafico No. 1 Módulos dinámicos de mezclas asfálticas por laboratorio de acuerdo a la temperatura.



De acuerdo con el Grafico No 1 (que corresponde a la figura II – 2.5 de la guía AASHTO -93), en función del módulo de 1379 Mpa, el coeficiente de aporte de las capas asfálticas se asocia un valor de 0.30.

Grafico No 2. Carta para estimar el coeficiente de aporte de concretos asfalticos.



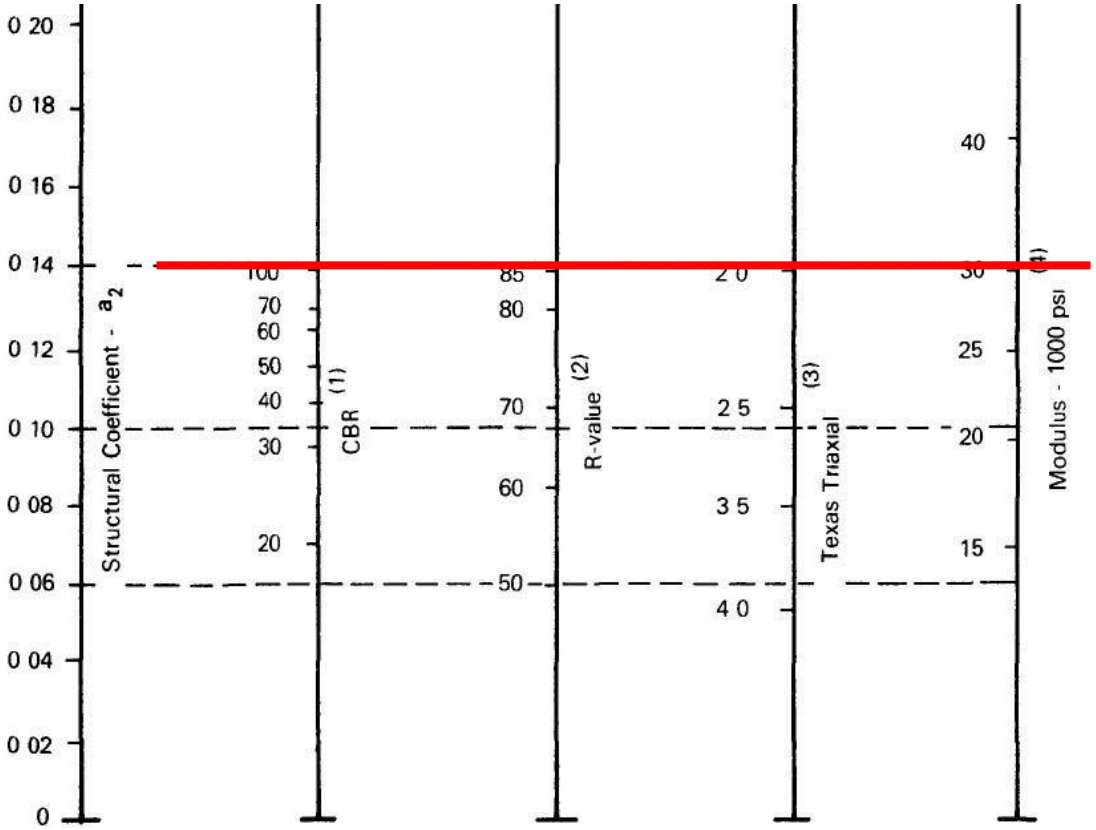
Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. Cap 2

8.1.2 Base Granular.

El valor de relación de soporte [CBR] al 100% de la densidad seca máxima,

adoptado para diseño es 100%. De acuerdo con la figura II-2.6 de la guía AASHTO de 1993, dicha relación de soporte teóricamente se asocia a un módulo Resiliente de 210 MPa y a un coeficiente de aporte de 0.14 (ver gráfico No.3).

Gráfico No. 3 Carta para estimar el coeficiente de aporte de bases granulares

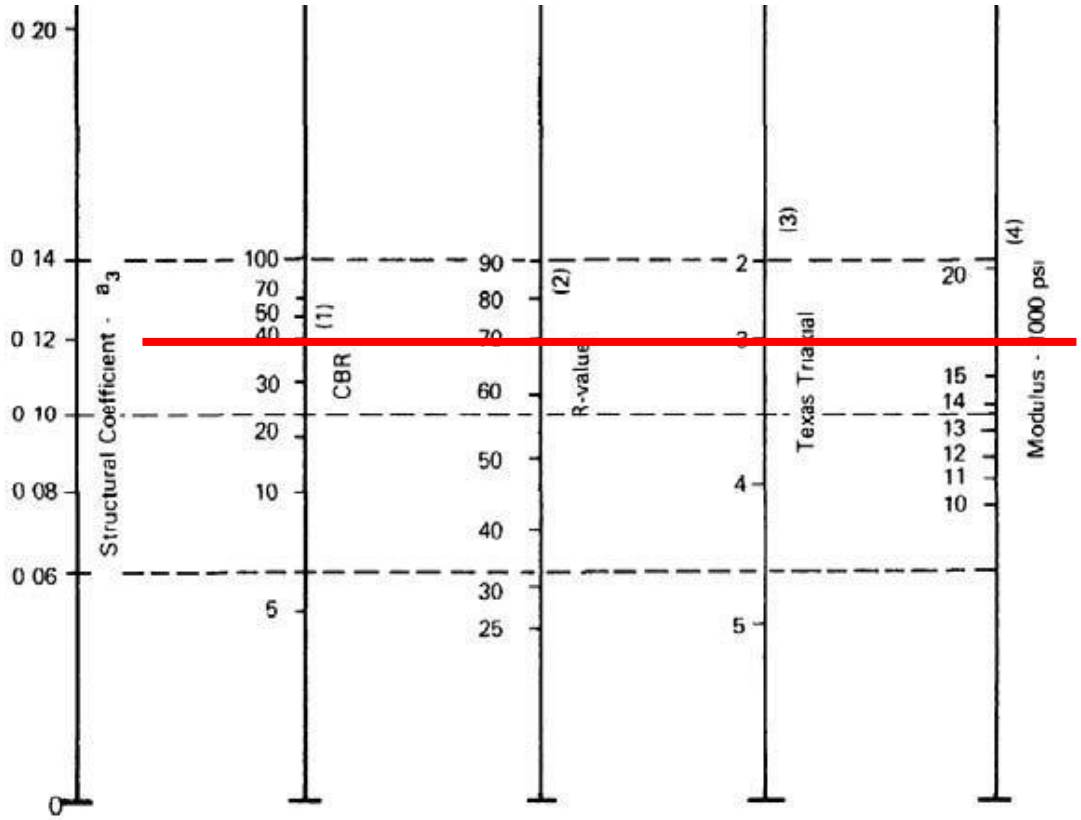


8.1.3 Sub base Granular

Para el caso de las sub bases granulares se contempla una relación de soporte de 60% al 95% de la densidad seca máxima. De acuerdo con la figura II-2.7 de la guía

AASHTO, dicha relación de soporte se asocia a un módulo Resiliente de 120 MPa y a un coeficiente de aporte de 0.12 (gráfico No. 4).

Gráfico No. 4 Carta para estimar el coeficiente de aporte de sub bases granulares.



Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. Cap 2

8.2 NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO

De acuerdo con la metodología AASHTO 1993, la capacidad estructural requerida por un pavimento se define en términos de número estructural requerido. La ecuación fundamental para determinar dicho parámetro, es la siguiente:

$$Log\ (Ndis) = Zr * So + 9.36 * \log(SN+1) - 0.2 + \left\{\frac{Log\left[\frac{\Delta IPS}{Po-1.5}\right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}\right]}\right\} + 2.32 * Log(Mr) - 8.071$$

Dónde:

Ndis: número de ejes equivalentes

ZR: desviación normal estándar

So: error estándar combinado

ΔPSI: diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial (Po) y el final (Pt)

MR: módulo Resiliente de la sub-rasante, psi

SN: número estructural requerido

El cálculo de la capacidad estructural requerida ha sido realizado con una desviación estándar de 0.49 y niveles de servicio inicial y final de 4.2 y 2.0, respectivamente. El nivel de confiabilidad coincide con el empleado para la estimación del tráfico de diseño: 90%.

8.2.1 DETERMINACION DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (calculo tipo, vía Calle 7 entre avenidas 11 y 11F barrio Torcoroma)

Teniendo en cuenta que:

- EL TRANSITO DE DISEÑO es N = 700.000 ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño.
- EL NIVEL DE CONFIANZA: es del 90 %, se determina el valor de la desviación normal estándar Zr, con que se desea diseñar el pavimento por medio de la siguiente tabla:

Desviación estándar, Zr

Confiabilidad	Desviación normal
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: AASTHO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. P. I-62

8.2.2 ERROR NORMAL COMBINADO So

Tiene en cuenta el error o desviación del diseño, la variación de las propiedades de los materiales, la variación de las propiedades de la sub-rasante, la variación de la estimación del tránsito, la variación de las condiciones climáticas y la variación de la calidad de la construcción.

El presente diseño se desarrollará tomando en So = 0.49

8.2.3 NIVEL DE SEVICIALIDAD

Conociendo que ΔIPS = Po – Pt y teniendo en cuenta las siguientes tablas:

Servicialidad inicial, Po

Tipo de pavimento	Servicialidad inicial, Po
concreto	4.5
asfalto	4.2

Serviciabilidad final, Pf

Tipo de vía	Servicialidad final Pt
Autopista	2.5 – 3.0
Carreteras	2.0 – 2.5
Pavimento urbano principal	1.5 – 2.0
Pavimento urbano	1.5 – 2.0

Fuente: AASTHO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. P. II-10

Se tiene, entonces, que

$$\Delta PSI = Po - Pt$$

Po = 4.2

Pt = 2.0

$$\Delta PSI = 2.2$$

8.2.4 COEFICIENTE DE APORTE Y DRENAJES

Los coeficientes estructurales y de drenaje, empleados para el dimensionamiento de las intervenciones, son:

Coeficientes estructurales y de drenaje

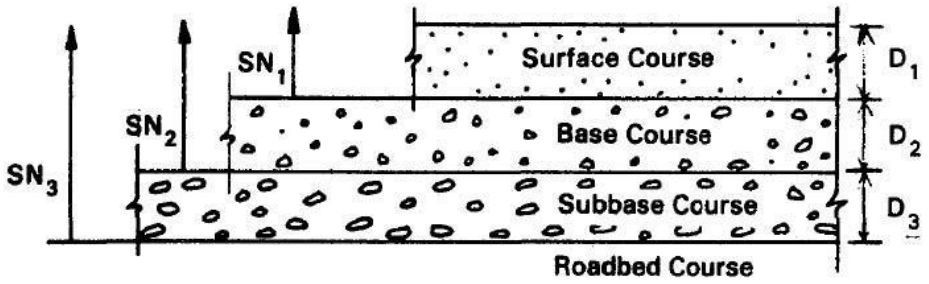
Material	Módulo [MPa]	Coeficiente de aporte	Coeficiente de drenaje
Mezcla densa en caliente	1379	0.30	1.00
Base granular	210	0.14	1.00
Sub base granular	120	0.12	1.00

8.3 DETERMINACION DE ESPESORES

El procedimiento para determinar la estructura que supla las solicitaciones del

tránsito, consiste en igualar el número estructural requerido con el obtenido al resolver la siguiente expresión:

Determinación de los espesores de cada capa



Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993

$$SN = \sum a_i * m_i * D_i$$

Donde, para cada material, i:

a_i: coeficiente de aporte

m_i: coeficiente de drenaje

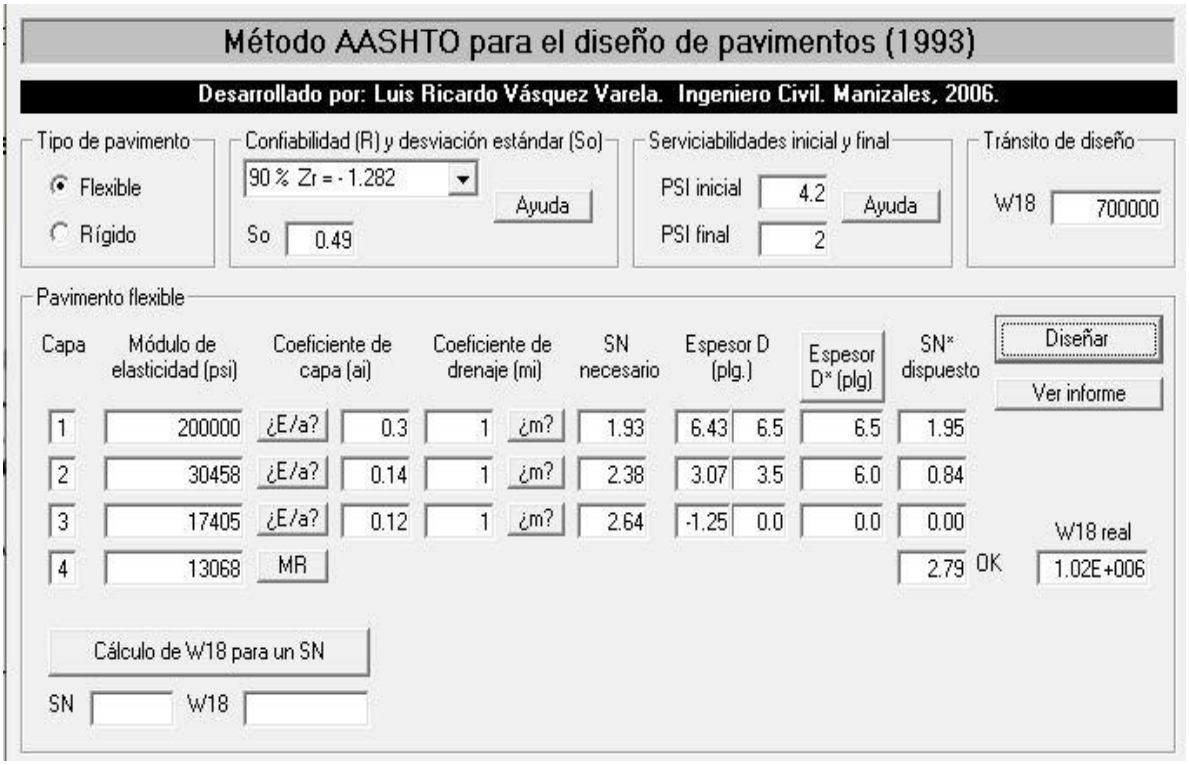
D_i: espesor, in

El procedimiento necesario para la determinación de los espesores de cada capa se ilustra en la figura, donde a, D, m y SN se definen como los mínimos valores requeridos.

Número estructural requerido

Confiabilidad			Serviciabilidad			Módulo Resiliente		Tránsito
So	R	Zr	PSI_i	PSI_f	ΔPSI	MPa	PSI	$N_{8.2\ TON}$
0.49	90%	-1.282	4.2	2.0	2.2	88.7	12863	700.000

NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO

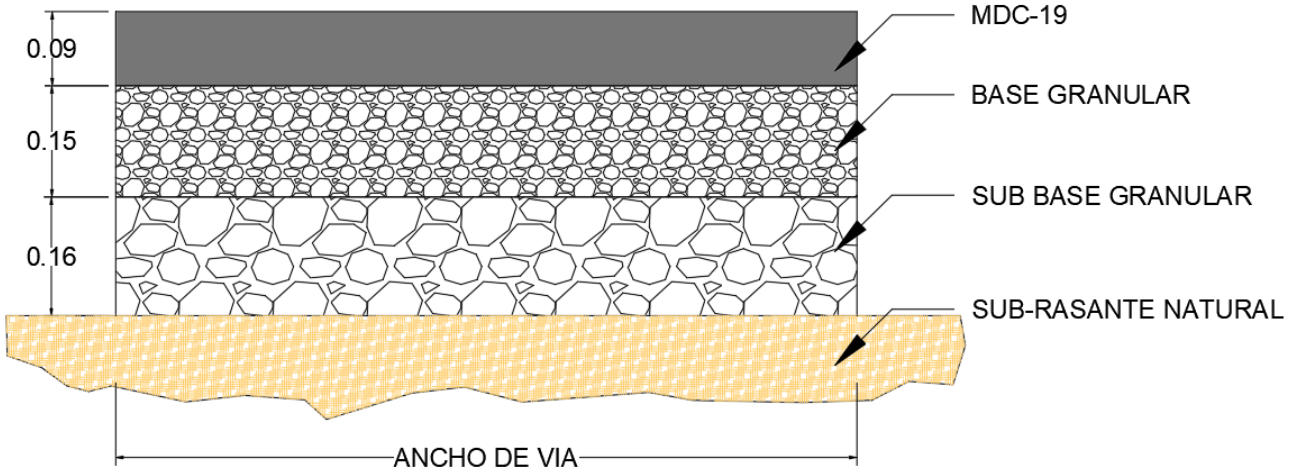


De acuerdo a los parámetros calculados con la ecuación de la AASHTO, el número estructural requerido es de 2.65, y los espesores requeridos se indican en el análisis a continuación:

ALTERNATIVA PAVIMENTO FLEXIBLE , vía Calle 7 entre avenidas 11 y 11F barrio Torcoroma

CALLE 7 AV 11 F SECTOR HERMANAS DE CALCUTA, BARRIO TORCOROMA							
CBR =			18.50%	MR =		12863 PSI	
N =			700,000	SN =	2.65	SUELO =	VARIOS
SN NECESARIO		MODULO PSI	APORTE	COEF DREN	ESPESOR EVALUADO CM	ESPESOR EVALUADO PULG	SN DISPUESTO
SN TOTAL	2.65						
SN CA 19	1.93	200,000	0.300	1	9	3.54	1.062
SN BASE	2.38	30,458	0.140	1	15	5.91	0.827
SN SUB BASE	2.65	17,405	0.120	1	16	6.3	0.756
			ESPESOR TOTAL		40		2.645

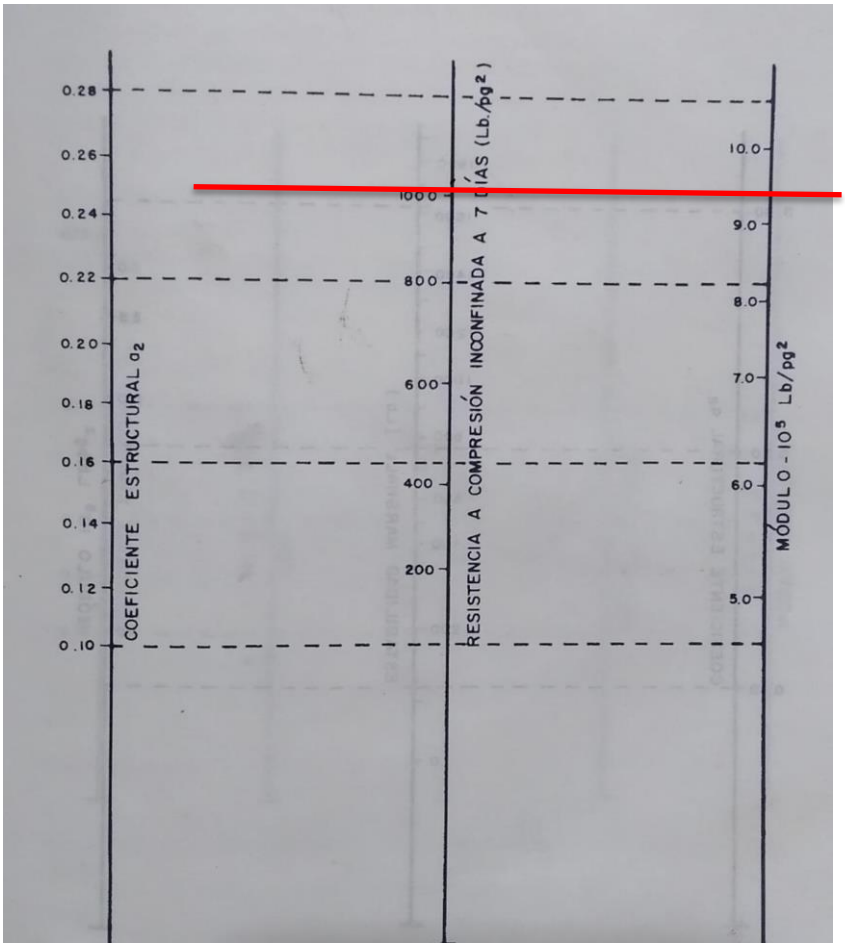
ESTRUCTURA PAVIMENTO FLEXIBLE, vía Calle 7 entre avenidas 11 y 11F barrio Torcoroma



Teniendo en cuenta la altura de la estructura de pavimento flexible resultante, y la falta de información del catastro de redes, se hace necesario reemplazar los granulares estructurales por una base granular estabilizada con cemento.

Para tal fin se propone una estructura bi-capa reemplazando los granulares por una base estabilizada, manteniendo el espesor de asfalto propuesto.

Para la base estabilizada y tomando con base la norma 350-22 del INVIAS, se trabajará con una base estabilizada con cemento para una resistencia a la compresión a los 7 días de 7 MPa, los cuales, equivalen a 1015 PSI

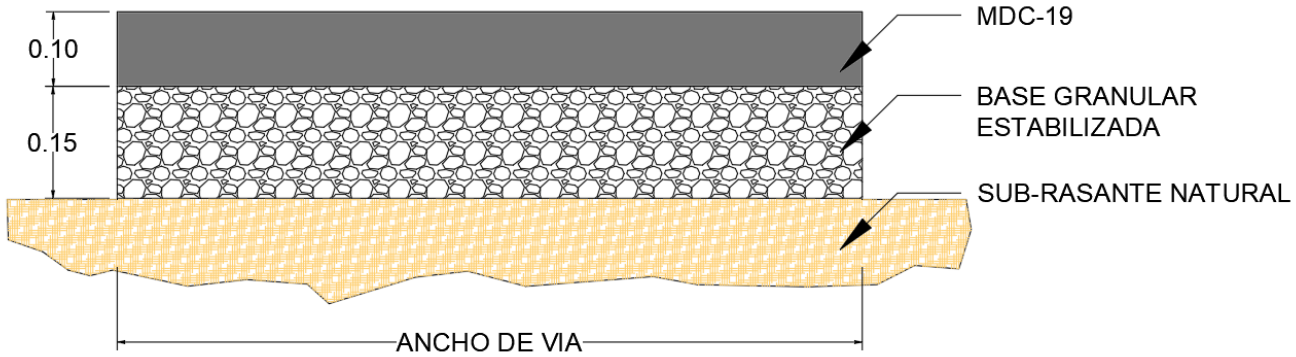


Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. Cap 2

Manteniendo el SN de 2.65, y haciendo la distribución de espesores, tenemos:

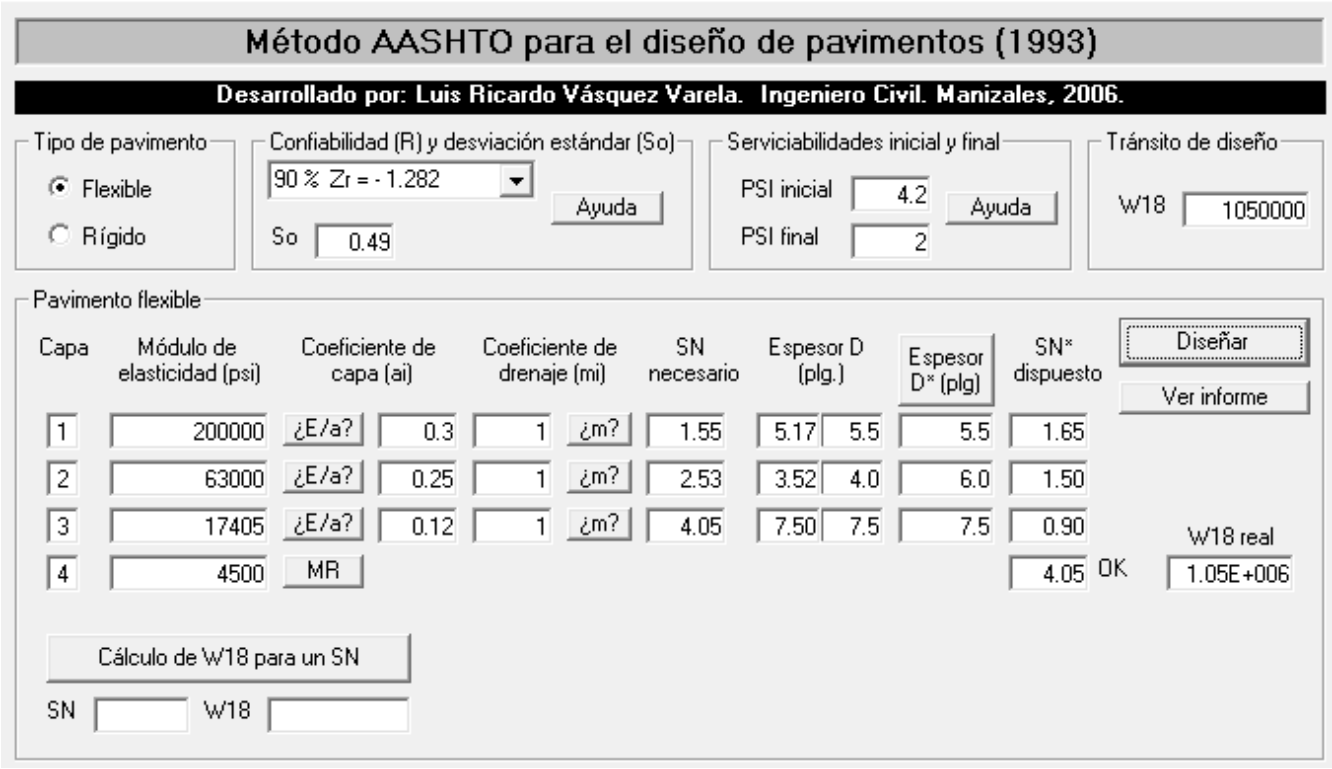
CALLE 7 AV 11 F SECTOR HERMANAS DE CALCUTA, BARRIO TORCOROMA							
CBR =			18.50%	MR =		12863 PSI	
N =			700,000	SN =	2.65	SUELO =	VARIOS
SN NECESARIO		MODULO PSI	APORTE	COEF DREN	ESPESOR EVALUADO CM	ESPESOR EVALUADO PULG	SN DISPUESTO
SN TOTAL	2.65						
SN CA 19	1.93	200,000	0.300	1	10	3.94	1.182
SN BASE EC	2.38	63,000	0.250	1	15	5.91	1.478
SN SUB BASE	2.65	17,405	0.130	1	0	0	0.000
			ESPESOR TOTAL		25		2.660

ESTRUCTURA PAVIMENTO FLEXIBLE, vía Calle 7 entre avenidas 11 y 11F barrio Torcoroma



Aplicando la misma base analítica, y teniendo en cuenta la falta de catastro de redes, se propone una estructura bi capa, para el barrio San Martí, así:

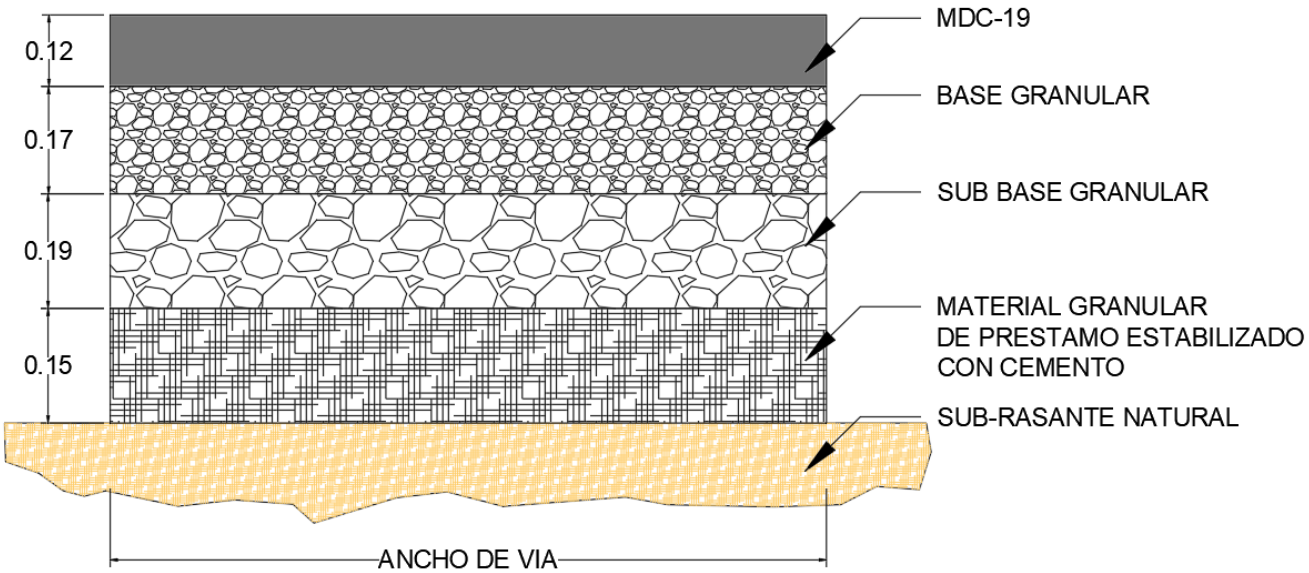
Avenida 12 entre calles 8N y calle 4 del barrio San Martin



ALTERNATIVA PAVIMENTO FLEXIBLE, Avenida 12 entre calles 8N y calle 4 del barrio San Martin

AV 12 CL 8N Y CL 4N, SAN MARTIN							
CBR =			3.00%	MR =		4500 PSI	
N =			1,050,000	SN =	4.05	SUELO =	VARIOS
SN NECESARIO		MODULO PSI	APORTE	COEF DREN	ESPESOR EVALUADO CM	ESPESOR EVALUADO PULG	SN DISPUESTO
SN TOTAL	4.05						
SN CA 19	1.55	200,000	0.300	1	12	4.72	1.416
SN BASE	2.53	30,458	0.250	1	17	6.69	1.673
SN SUB BASE	4.05	17,405	0.130	1	19	7.48	0.972
			ESPESOR TOTAL		48		4.061

ESTRUCTURA PAVIMENTO FLEXIBLE, Avenida 12 entre calles 8N y calle 4 del barrio San Martin



9. ESPECIFICACIONES TECNICAS

Todos los materiales a utilizar en la ejecución de las obras de pavimentación, deben cumplir con las especificaciones generales de construcción del INVIAS, versión 2013. A continuación, se reseñan las normativas a cumplir.

Especificaciones técnicas de los materiales

Capa	Especificación
Mezcla Densa en caliente	MDC19 (Artículo 450-22)
Base granular estabilizada con cemento	BEC (Artículo 350-22)
Mejoramiento de materiales granulares	Artículo 350-22

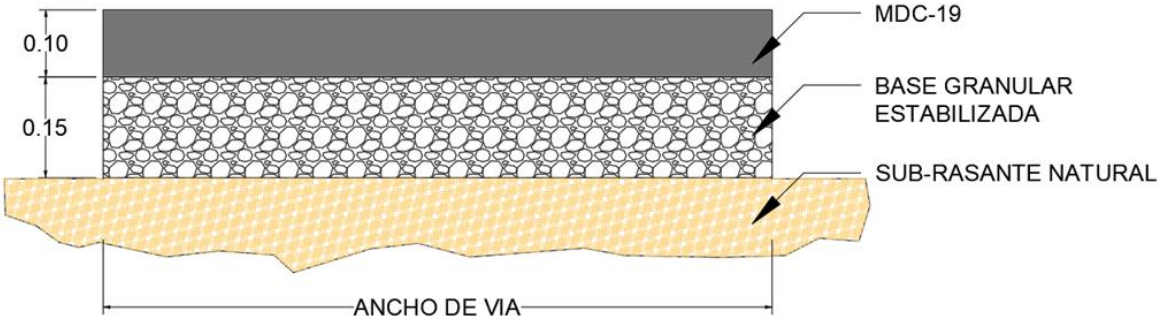
Durante la etapa de construcción se debe garantizar la ejecución de las pruebas y ensayos de laboratorio, que permitan establecer la conformidad de los materiales empleados con la norma anteriormente citada.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

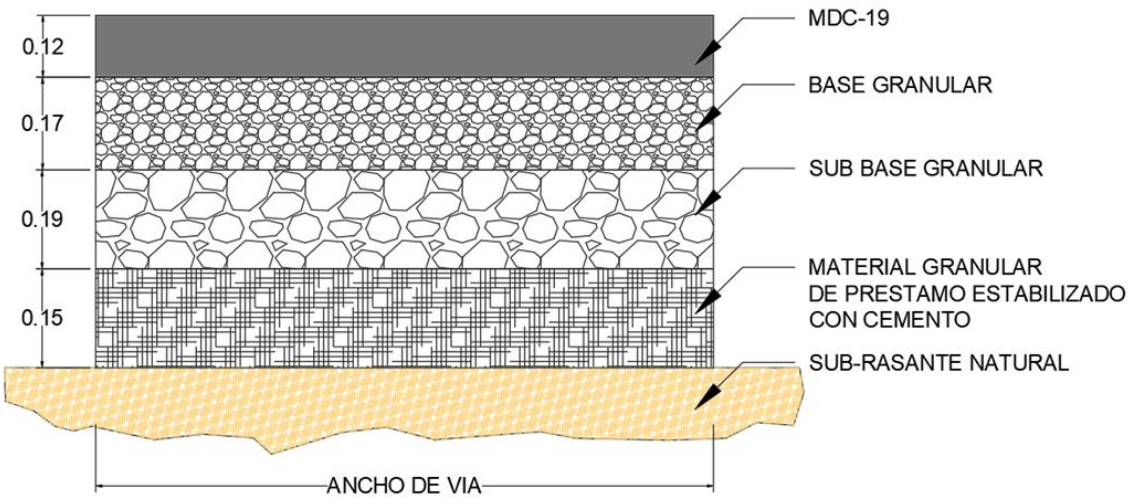
La alternativa de estructura formulada cumple con los requerimientos de carga y garantizan la disipación de esfuerzos sobre la sub-rasante.

Calle 7 entre avenidas 11 y 11F del barrio Torcoroma

ESTRUCTURA PAVIMENTO FLEXIBLE

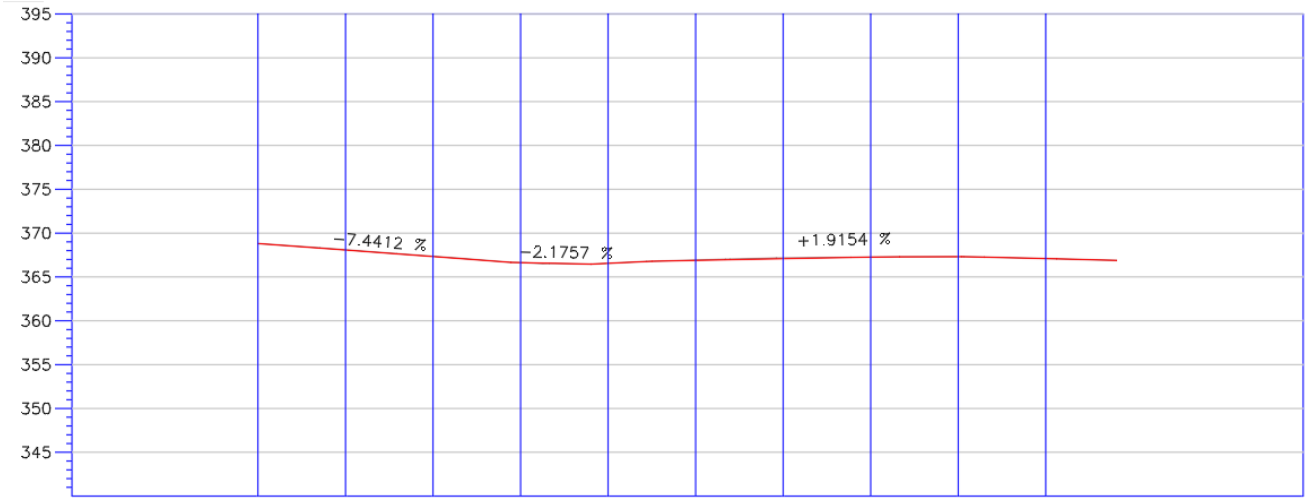


Avenida 12 entre calles 8N y calle 4 del barrio San Martin



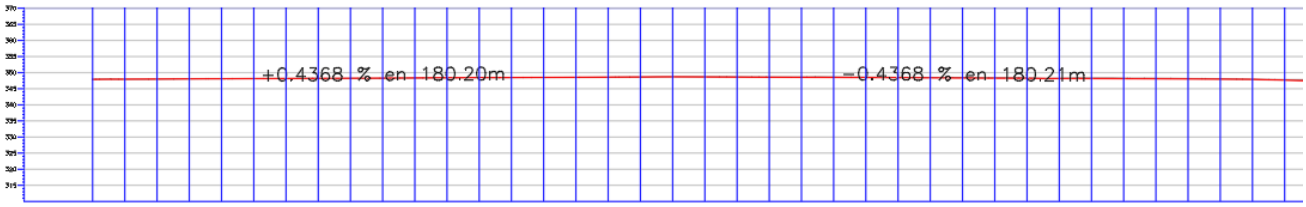
Durante la etapa constructiva se recomienda mantener la pendiente longitudinal, para lo cual se anuncia:

Calle 7 entre avenidas 11 y 11F del barrio Torcoroma

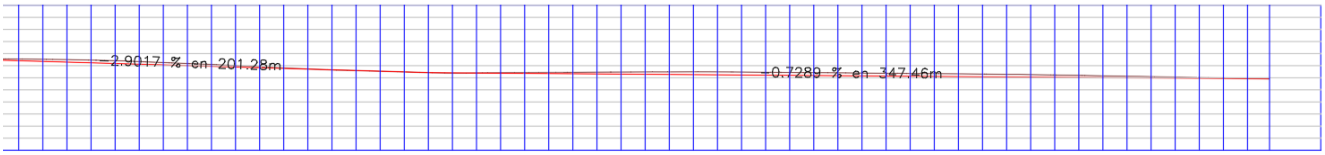


Pendiente longitudinal

Avenida 12 entre calles 8N y calle 4 del barrio San Martin



Pendiente longitudinal



Pendiente longitudinal

El constructor debe cerciorarse de la calidad de los materiales adquiridos, bajo ningún motivo debe variar el tipo o calidad de los materiales respecto a los establecidos por las especificaciones técnicas y los diseños. El proceso constructivo deberá seguir los lineamientos y procedimientos establecidos en las Especificaciones Generales de Carreteras del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, de la siguiente manera:

Mezcla asfáltica según INVIAS 450 de 2022.
Riego de imprimación según INVIAS 420 de 2022
Riego de liga según INVIAS 421 de 2022
Base granular estabilizada con cemento según artículo INVIAS 350 de 2022.
Mejoramiento con material granular estabilizado con cemento según artículo INVIAS 350 de 2022.

Se recomienda al constructor realizar los ensayos de laboratorio contemplados en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras vigentes a la fecha

de la construcción de los tramos viales e intersecciones con el fin de garantizar la calidad de los materiales durante la ejecución de las obras y llevar un estricto control de calidad.

Se recomienda garantizar la NO afectación por humedad la sub-rasante, ya que el agua podría alterar el comportamiento físico mecánico de la misma presentando problemas por pérdida de soporte.

Se recomienda, al momento de la construcción, compactar y nivelar la capa de sub rasante, de cada tramo estudiado, por lo menos al 95% del Próctor Modificado del material existente.

Si durante la ejecución de los trabajos se encuentran sectores donde se requiera un mejoramiento para la capa de sub-rasante, esto se refiere a encontrarse sectores con baja capacidad portante (CBR<3.0%), situación que puede presentarse por efecto de acumulación de agua y por ende reblandecimiento de la capa de soporte, se recomienda realizar el mejoramiento de ésta por medio de la colocación de una capa de material Seleccionado tipo INV (sección 320) y/o rajón en un espesor total de 0.50 m de espesor.
Se recomienda retirar todo el material tipo relleno no estructural antes de construir cada una de las capas de la estructura del pavimento.

En toda la vía se debe implementar sistemas de drenaje y sub-drenaje que protejan la estructura del pavimento de la acción del agua, para de esta manera garantizar la estabilidad de la estructura.

Se le debe dar un adecuado confinamiento a cada una de las estructuras construidas para evitar un deterior prematuro. En las intersecciones se debe

proteger la estructura con un dentellón en concreto asfaltico, el cual debe tener la altura de la estructura 30 centímetros.

Se hace necesario el diseño de iluminación artificial y señalización vial para cada tramo intervenido, que permita localizar las estructuras y elementos requeridos para la vía.

Además:

- Evitar, tanto como sea posible, exponer el suelo de sub rasante al efecto de las lluvias, lo cual aumenta el contenido de humedad y se puede inducir un proceso de "hinchamiento" del mismo, por saturación.
- En lo posible las excavaciones abiertas deberán taparse o rellenarse inmediatamente para impedir su deterioro por desecación en épocas secas o por humedecimiento y remoldeo en períodos lluviosos.
- Tras haber alcanzado la profundidad de excavación, permitir la perdida de humedad del suelo, antes de conformar las capas estructurales.
- Adecuación de un sistema de drenaje lateral que aísle la sub-rasante de los cambios de humedad que pueden provenir de las zonas verdes aledañas.
- Deberá evitarse la circulación excesiva de maquinaria pesada sobre la sub-rasante excavada.

También:

- Se debe realizar los seguimientos permanentes de las condiciones estructurales y funcionales de la vía, lo anterior con el fin de poder evaluar el momento en el cual deben hacerse labores de mantenimiento rutinario para así poder garantizar el adecuado comportamiento de la estructura.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS INVIAS. Manual de Diseño de Pavimentos para Vías con Bajos Volúmenes. Bogotá D.C.: El Instituto, 2008.

COLOMBIA. ALFONSO MONTEJO FONSECA. Ingeniería de pavimentos. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, 2006.

ESTADOS UNIDOS. AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington: La association, 1993 y 2002

JOSE HERNANDO GARCIA JAIMES
MP 54202 – 74095 NTS