DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA EL PROYECTO: “MEJORAMIENTO DE CALLES Y CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE MAGANGUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR”

Serviconstrucciones del Caribe
NIT. 900383477-7

INFORME TECNICO

ALCALDIA DE MAGNAGUÉ
DEPARTAMENTO DE BOLIVAR
MUNICIPIO DE MAGANGUÉ
JUNIO DE 2024

TABLA DE CONTENIDO

2 DISEÑO DE PAVIMENTOS 5
2.1 OBJETIVOS 5
2.1.1 OBJETIVO GENERAL 5
2.1.2 OBJETIVO ESPECIFICO 5
2.2 ALCANCE 6
2.3 LOCALIZACION 6
2.4 VARIABLES DE DISEÑO PAVIMENTO 7
2.4.1 Tipo de vía 7
2.4.2 Periodo de diseño 7
2.4.3 Volumen de transito 7
2.5 CALCULO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO USANDO COMO METODO EL MANUAL DE INVIAS 7
2.5.1 Tránsito y periodo de diseño 7
2.5.2 Subrasante 8
2.5.3 Material de soporte 8
2.5.4 Características del concreto de pavimentos 9
2.5.5 Juntas, transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral. 9
2.5.6 Cálculo del espesor del pavimento. 10
2.6 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE METODO DE LA ASSTHO 13
2.6.1 Confiabilidad. 13
2.6.2 Índice de servicio. 14
2.6.3 Modulo resiliente de la subrasante. 14
2.6.4 Módulo resiliente de las capas de base y subbase granular. 14
2.6.5 Módulo resiliente carpeta asfáltica. 16
2.6.6 Condiciones y coeficientes de drenaje. 18
2.6.7 Determinación del número estructural y espesor de la capa asfáltica. 19
2.6.8 Determinación del número estructural y espesor de la capa de la Base granular. 19
2.6.9 Determinación del número estructural y espesor de la capa de la Subbase granular. 20
2.7 ESCOGENCIA DE ESTRUCTURA A UTILIZAR 20

2.8 DISEÑO DE LOSAS EN INTERSECCIONES Y TRANSICIONES 21
2.8.1 Transición pavimento flexible a rígido. 21
2.8.2 Transición pavimento rígido a vía destapadas cruces calles (Bocacalles) 22
2.9 CONCLUSIONES. 22
2.10 RECOMENDACIONES. 23

Lista de Ilustraciones

Ilustración 2.1 Localización de las vías 6
Ilustración 2.2 Métodos de texturizado 12
Ilustración 2.3 Grafica determinación modulo resiliente Base 15
Ilustración 2.4 Grafica determinación modulo resiliente Base 16
Ilustración 2.5 modulo dinámico asfalto 16
Ilustración 2.6 coeficiente estructural asfalto 17
Ilustración 2.7 probabilidad diaria de precipitación en Magangué 18
Ilustración 2.8 esquema típico de estructura de pavimento 20
Ilustración 2.9 Intersección Calle 16 con Transversal 29 21
Ilustración 2.10 esquema 1 transición de pavimento rígido a flexible 21
Ilustración 2.11 esquema 2 transiciones de pavimento rígido a flexible 22
Ilustración 2.12 esquema 2 transición de pavimento rígido a flexible 22

Lista de Tablas

Tabla 2.1 Coordenadas inicio y fin de la vía Latitud Longitud 6
Tabla 2.2 Categorías de tránsito para la selección de espesores 7
Tabla 2.3 Significado de Siglas Tabla 1.1 8
Tabla 2.4 Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia 8
Tabla 2.5 Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto 9
Tabla 2.6 Valores de resistencias al flexo tracción del concreto (Módulo de rotura) 9
Tabla 2.7 Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral 10
Tabla 2.8 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación 10
Tabla 2.9 Diseño de pasadores en juntas de pavimentos 11
Tabla 2.10 Diseño de barras de anclaje en juntas de pavimentos 11
Tabla 2.11 Nivel de confiabilidad para vías 13
Tabla 2.12 Nivel de confiabilidad para vías 13
Tabla 2.13 error normal combinado 13
Tabla 2.14 serviciabilidad final 14
Tabla 2.15 15
Tabla 2.16 espesores mínimos de carpeta asfáltica y Base granular en función del transito 17
Tabla 2.17 coeficientes de drenajes 18

2 DISEÑO DE PAVIMENTOS

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el diseño del pavimento rígido para **"MEJORAMIENTO DE CALLES Y CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE MAGANGUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR."**

2.1.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Realizar diagnóstico del estado actual de la vía
- Determinar dimensiones específicas y parámetros técnicos de la estructura del pavimento.
- Elaborar los estudios de la vía, con diseños de la estructura de pavimento y de las obras de drenaje
- Presupuestar el valor de las obras de pavimento de la vía
- Determinar en base a los estudios de suelos y el transito los parámetros para el diseño del pavimento
- Determinar las posibles estructuras de pavimentos a aplicar en la zona analizada.
- Escoger la opción más factible de acuerdo a economía, tiempo de ejecución y sostenibilidad y mantenimiento
- Conocer el funcionamiento actual de las vías para determinar las condiciones de funcionamiento actual y poder compararlo con la condición futura
- Generar la información primaria necesaria para el desarrollo del estudio
- Generar la información necesaria para el desarrollo del diseño de Pavimentos
- Definir los parámetros de diseño aplicables al proyecto de acuerdo con los alcances del mismo y las recomendaciones del cliente.
- Realizar el cálculo de cantidades de obra del proyecto en lo asociado a estructura de pavimento y movimientos de tierras

2.2 ALCANCE

El objeto del presente estudio es el diseño de pavimentos después de determinar el tráfico vehicular de la vía mencionada en el presente informe.

Utilizando los parámetros establecidos para el suelo de sub rasante y los materiales de la zona, generar una estructura de pavimentos que cumpla con las necesidades de la vía

Determinar diversas estructuras y escoger la más conveniente, tanto económicamente, como en durabilidad y en fácil mantenimiento

Esta dentro del alcance el diseño de juntas, así como el diseño de los puntos críticos como inicio y fin del pavimento, unión con otros sistemas de estructuras de pavimento

2.3 LOCALIZACION

Las vías se encuentran localizadas en las inmediaciones barrio Boston del municipio de Magangué; siendo los tramos de Transversal 29 entre calles 16 y 17, Transversal 31 entre calles 17 y 20 y Carrera 30 entre calles 19 y 20; las coordenadas de inicio y final de la vía son las siguientes

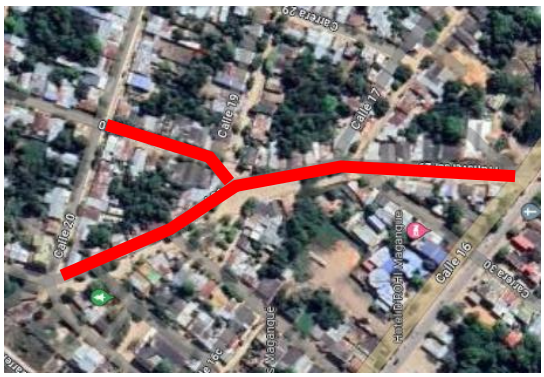
Tabla 2.1 Coordenadas inicio y fin de la vía Latitud Longitud

Punto Referenciado	Longitud	Latitud
Inicio Transversal 29	74°46'08.30"O	9°15'15.10"N
Fin Transversal 31	74°46'10.80"O	9°15'25.60"N
Inicio Carrera 30	74°46'08.40"O	9°15'21.70"N
Fin Carrera 30	74°46'07.30"O	9°15'24.40"N

Fuente Juan Diego Alvis

La siguiente figura presenta el sector del proyecto.

Ilustración 2.1 Localización de las vías



Fuente: Google Earth

2.4 VARIABLES DE DISEÑO PAVIMENTO

2.4.1 Tipo de vía

Corresponde a un segmento de vía, con bajo volumen de tránsito, siendo esta vía urbana, con velocidades de circulación bajas por ser sector residencial.

2.4.2 Periodo de diseño

Se estima que el periodo transcurrido entre la puesta en servicio una vez terminada la construcción del pavimento y el momento en que se requiera rehabilitación, por la prestación del servicio de manera constante, es de 20 años

2.4.3 Volumen de transito

Es el transito que traficara sobre la estructura de pavimento durante la vida útil del mismo, este tránsito se sacara de un análisis de tránsito realizado en el tramo de vía.

2.5 CALCULO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO USANDO COMO METODO EL MANUAL DE INVIAS

2.5.1 Tránsito y periodo de diseño

Realizamos el análisis de tránsito para la vía en cuestión obteniendo los siguientes resultados 253.917 ejes equivalentes de 8,2 Toneladas en el periodo de diseño

En base al tráfico determinamos el tipo de vía según la tabla 10-1 del manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

Tabla 2.2 Categorías de tránsito para la selección de espesores

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T_o	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

Para los tráficos esperados sobre la placa de acceso nos ubicamos en la categoría T0 Tipo de vía (Vt) –(E).
Donde

Tabla 2.3 Significado de Siglas Tabla 1.1

En la Tabla 3-1 las siglas tienen el siguiente significado:	**M:** Medias
Vt: Via terciaria	**A:** Anchas
Vs: Via secundaria	**CC:** Carreteras de 2 direcciones
Vp: Via principal	**MC:** Carreteras multicarriles
E: Estrechas	**AP:** Autopistas

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

2.5.2 Subrasante

Se determinará en base al estudio de suelos realizado en la zona del tramo de vía, el CBR de la subrasante lo cual nos dará un parámetro con el cual se identificará en cuál de las 5 categorías de la tabla 3-2 del manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

Tabla 2.4 Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm^2)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 – 500
S3	5 - 10	500 – 1.000
S4	20 - 10	1.000 – 2.000
S5	> 20	> 2.000

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

En base a la tabla anterior se categoriza la subrasante como de clase o tipo S1 debido a que el suelo según el informe geotécnico es una arcilla de alta plasticidad parda con rastros de gravas con CBR inferior al 2%. Es recomendable que para CBRs menores al 2% se haga sustitución de al menos 30cm del material del terreno natural por un material tipo seleccionado, pasando el conjunto la subrasante y mejoramiento a tipo S3.

2.5.3 Material de soporte

En base al manual de INVIAS se establecen tres tipos de soporte para la estructura de pavimento.

- Terreno natural
- Base Granular según Articulo INV-330-07
- Base estabilizada con cemento según Articulo INV-341-07

El espesor recomendado por INVIAS es de 15 centímetros para las capas de base y/o base estabilizada con cemento.

Tabla 2.5 Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

2.5.4 Características del concreto de pavimentos

El manual de INVIAS establece 4 calidades de concreto con distintas resistencias a la flexo-tracción, esta está dada a los 28 días y se basa en la resistencia obtenida en el Método de la viga simple cargada en los tercios de la luz (Norma INV E414-07).

Tabla 2.6 Valores de resistencias al flexo tracción del concreto (Módulo de rotura)

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm^2)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

Se en base a las condiciones de los sitios donde se van a realizar los trabajos y que los volúmenes de trafico de esta vía son bajos escogeremos un concreto de tipo MR2 de 40 Kg/cm2 a la flexión

2.5.5 Juntas, transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral.

Las juntas son parte esencial del pavimento con el fin de controlar los esfuerzos generados por la contracción del material o cambios climáticos. Se recomienda que el largo de las losas sea de 3,6 a 5 metros y que la relación entre el largo y el ancho sea de 1 a 1,3 veces.

Las bermas y dovelas son elementos de confinamiento y de transferencia de carga entre las losas. La existencia de estas en el pavimento es un elemento que interviene directamente en el espesor de la losa a utilizar.

Tabla 2.7 Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

2.5.6 Cálculo del espesor del pavimento.

Los parámetros obtenidos en los estudios de suelos y tránsito del tramo en estudio arrojaron lo siguiente:

- Transito T0
- Tipo de Subrasante S3
- Soporte de la estructura del pavimento SN, BG y BEC
- Concreto MR2=40Kg/cm2
- Dovelado y Bermas

Tabla 2.8 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T0 como factor principal

ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																				
Tránsito T0																				
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1			24	28	23	27	23	27	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23
	MR2			23	27	22	26	22	26	20	24	20	24	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR3			23	26	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			21	24	20	24	20	24	19	22	19	22	18	21	18	21	18	21	18	21
BG	MR1			23	26	22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23
	MR2			22	25	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR3			21	24	20	24	20	24	29	22	19	22	19	22	19	22	18	21	18	21
	MR4			20	23	19	23	19	23	28	21	18	21	18	21	18	21	17	20	18	20
BEC	MR1			20	23	19	22	19	22	18	21	18	21	18	20	18	20	17	20	17	20
	MR2			19	22	19	21	19	21	17	20	17	20	17	20	17	20	17	19	17	19
	MR3			18	21	18	21	18	21	17	19	17	19	16	19	17	19	16	19	17	19
	MR4			18	20	17	20	18	20	16	19	17	19	16	18	17	18	15	18	17	18

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

De la tabla 12-7 (Tabla 4-1 del manual de INVIAS) sacamos que el espesor de la losa de pavimento es de 17cm y 20cm.

Siendo las estructuras las siguientes

Estructura 1

- Mejoramiento e=20cm
- Base granular e=15cm
- Losa en concreto MR2 e=20cm

Estructura 2

- Mejoramiento e=20cm
- Base estabilizada con cemento e=20cm
- Losa en concreto MR40 e=20cm

Tabla 2.9 Diseño de pasadores en juntas de pavimentos

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 – 200	25	1	350	300
210 – 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

Tabla 2.10 Diseño de barras de anclaje en juntas de pavimentos

Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")				Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")				Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")			
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de fy= 187,5 MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de fy= 280 MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

Pasadores:

- Longitud 35cm
- Espaciado 30cm
- Diámetro 1”

Barras de anclaje:

- Longitud 85cm
- Espaciado 120cm
- Diámetro 1/2”

Escogemos la estructura 2 como estructura de diseño

Estructura 2

- Mejoramiento del terreno natural e=30cm
- Bubbase estabilizada con cemento al 3% e=20cm
- Losa en concreto MR40 e=20cm
- Acabado texturizado con peine transversal
- Juntas longitudinales con barras de anclaje de ½” cada 120cm de 85cm de largo, corte con contadora de al menos 2cm de profundidad para garantizar la acción de la junta
- Juntas transversales con barras tipo pasador de 1” cada 30cm de 35cm de largo, corte con cortadora de al menos 3cm de profundidad, se recomienda utilización de grasa en uno de los extremos de las barras para garantizar que un lado este fijo y el otro suelto
- El sellado de juntas se hará con Baker rod (cola de ratón) y vulken o algún producto similar
- Se aplicará emulsión parafínica (Antisol) para garantizar un buen proceso de curado de las losas
- Las losas se realizarán de 3,10mts x 4,00mts

Ilustración 2.2 Métodos de texturizado

Tabla 1: Métodos de texturizados más comunes.

Método	Fortalezas	Debilidades
Arpillera	De construcción sencilla y automática. Baja generación de ruido.	Fricción inicial moderada y pérdida de fricción temprana. No apta para autovías o autopistas.
Césped sintético	De construcción sencilla y automática. Baja generación de ruido. Alta fricción.	Es crítica la calidad del mortero superficial para un buen desempeño a largo plazo.
Cepillo longitudinal / transversal	De aplicación automática o manual. Baja generación de ruido (longitudinal).	Es crítica la calidad del mortero superficial para un buen desempeño a largo plazo.
Peine transversal	Fricción alta y durable. Mejora el drenaje superficial.	Elevado ruido. Variable dependiendo del operador, clima, mezcla, etc.
Peine longitudinal	Elevada fricción y con bajo ruido. Requiere construcción automatizada.	Algunas molestias o problemas de conducción pueden experimentar motociclistas o conductores de vehículos livianos.
Agregado expuesto	Elevada fricción y con bajo ruido. Bajo ruido a largo plazo y fricción estable.	Requiere métodos y equipos especiales. Elevado costo. Es crítico contar con constructor calificado.

Fuente: Propia

2.6 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE METODO DE LA ASSTHO

2.6.1 Confiabilidad.

Tenemos en cuenta el grado de incertidumbre con el fin de determinar las variables de diseño, según la tabla 12.6 para la vía a diseñar podemos usar una confiabilidad R (%) entre 80-95 usando un valor para el diseño de 85%, lo que es equivalente a un fractil de -1.037.

Tabla 2.11 Nivel de confiabilidad para vías

Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad *R* (%)	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85.0 – 99.9	80.0 – 99.9
Arterias principales	80.0 – 99.9	75.0 – 95.0
Colectoras	80.0 – 95.0	75.0 – 95.0
Locales	50.0 – 80.0	50.0 – 80.0

Fuente: método AASHTO 93

Tabla 2.12 Nivel de confiabilidad para vías

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Zr	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

Fuente: método AASHTO 93

Hallamos el error normal combinado (So) para el caso de nuestra vía al ser una vía nueva por lo tanto utilizamos un error del 0.45

Tabla 2.13 error normal combinado

Proyecto de pavimento	S_0	
	Flexible	Rígido
	0.40 – 0.50	0.30 – 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

Fuente: método AASHTO 93

2.6.2 Índice de servicio.

Tabla 2.14 serviciabilidad final

Tipo de vía	Serviciabilidad final
Autopista	2.5 – 3.0
Carreteras	2.0 – 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano industrial	1.5 – 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 – 2.0

Fuente: método AASHTO 93

El índice de servicio se hallaría de la siguiente manera

$$\Delta PSI = P_o - P_f$$

Utilizamos un P_o de 4.2 y para el caso de la vía tenemos un P_f entre 1.5 y 2.0 utilizamos un valor de 2.0

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0 = 2.2$$

2.6.3 Modulo resiliente de la subrasante.

Hallamos un M_R=1500CBR, para nuestro caso el CBR es del 7% (Suelo mejorado con 30cm de material seleccionado)

$$M_R = 1500 * CBR \; si \; CBR < 10\%$$

$$M_R = 3000 * CBR^{0.65} \; si \; CBR \; 10\% < 20\%$$

$$M_R = 4326 * \ln(CBR) + 241 \; si \; CBR > 20\%$$

$$M_R = 1500 * 8 = 12000psi$$

2.6.4 Módulo resiliente de las capas de base y subbase granular.

Hallamos los módulos resilientes usando las siguientes ilustraciones para la categoría de tránsito T0 y pavimento asfaltico podemos usar Base Granular y Subbase Granular Tipo C, las cuales aceptan CBR mínimo del 80% y el 30%

Por tanto, los Módulos resilientes son 29.000psi y 14.900

Hallamos los coeficientes estructurales con los valores de los módulos resilientes usando las siguientes expresiones

$$a_2 = 0.249\log(E_2) - 0.977 = 0.249\log(29.000) - 0.977$$
$$a_2 = 0.134$$

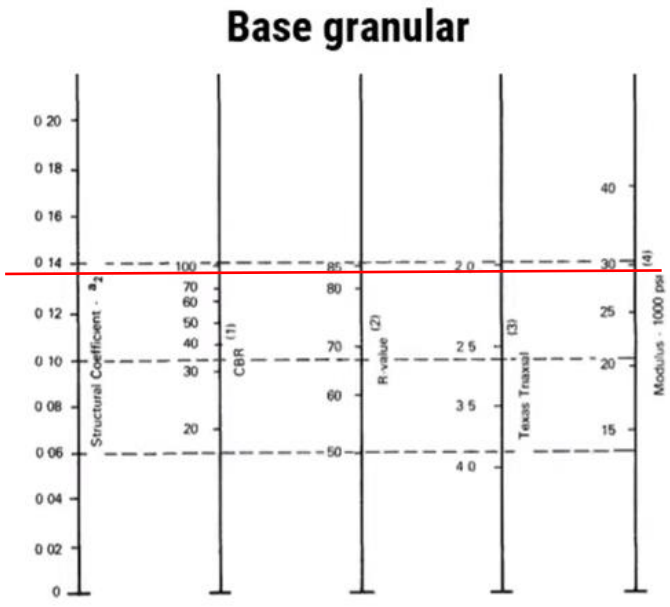
$$a_3 = 0.227\log(E_3) - 0.839 = 0.227\log(14.900) - 0.839$$
$$a_3 = 0.108$$

Tabla 2.15
Correspondencia entre clases de capas granulares, el tipo de pavimento y las categorías de tránsito

Tipo de Capa	Categorías de Tránsito			
	T0 – T1	T2 – T3	T4 – T5	PEATONAL (1)
Pavimento Asfáltico				
Base Granular	BG_C	BG_B	BG_A	
Subbase Granular	SBG_C	SBG_B	SBG_A	
Pavimento de Losas de Concreto de Cemento Pórtland				
Base Granular	BG_B	BG_A	NA	
Subbase Granular	SBG_C	SBG_B	SBG_A	
Andenes y Estructuras peatonales				
Base Granular				NA
Subbase Granular				SBG PEA

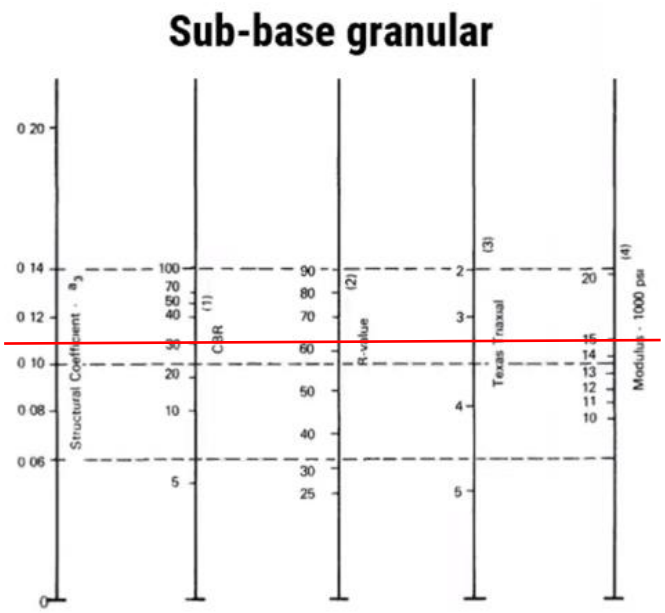
Fuente: Especificaciones técnicas INVIAS

Ilustración 2.3 Grafica determinación modulo resiliente Base



Fuente: método AASHTO 93

Ilustración 2.4 Grafica determinación modulo resiliente Base



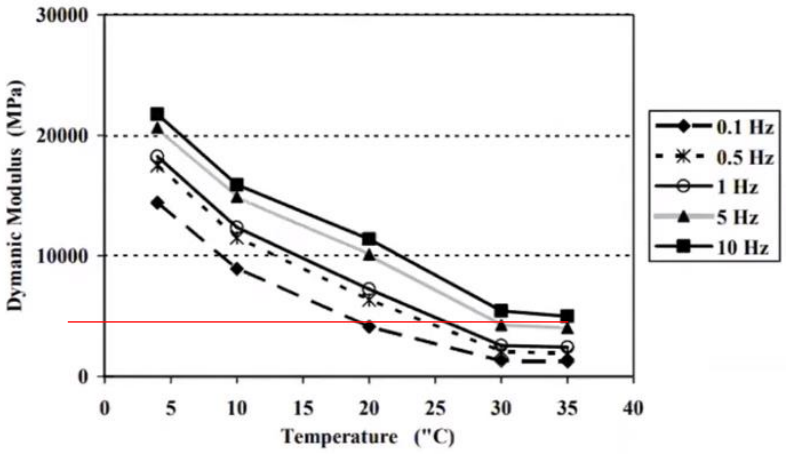
Fuente: método AASHTO 93

2.6.5 Módulo resiliente carpeta asfáltica.

Calculamos la frecuencia de carga a la que estará sometido el pavimento la cual se determina mediante

$$f = \frac{v}{2\pi} = \frac{40}{2\pi} = 6.37Hz \approx 6Hz$$

Ilustración 2.5 modulo dinámico asfalto



Fuente: método AASHTO 93

Hallamos la temperatura de la mezcla asfáltica, verificamos que para el tránsito de diseño el espesor mínimo es 3.0" y 6" para carpeta asfáltica y base granular (80mm y 150mm)

$$T_s = (-.0093 * T_a^2 + 1.569T_a - 1.578)(-0.084 \ln(h_s) + 1.55)$$

Tabla 2.16 espesores mínimos de carpeta asfáltica y Base granular en función del transito

W_{18} (10^6)	Espesores mínimos en pulgadas	
	Capa asfáltica	Base granular
<0.05	-	4.0
0.05 – 0.15	2.0	4.0
0.15 – 0.50	2.5	4.0
0.50 – 2.00	3.0	6.0
2.00 – 7.00	3.5	6.0
>7.00	4.0	6.0

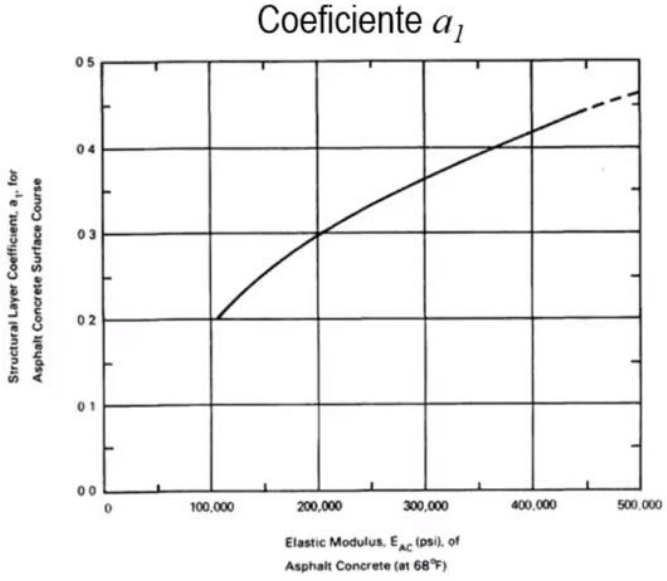
Fuente: método AASHTO 93

Para el municipio la temperatura promedio es de 28°c

$$T_s = (-.0093 * 28^2 + 1.569 * 28 - 1.578)(-0.084 \ln(80) + 1.55)$$
$$T_s = 39.3°c$$

Para la temperatura y frecuencia resultantes tenemos un Mr=4.300Mpa=623.662psi

Ilustración 2.6 coeficiente estructural asfalto



Fuente: método AASHTO 93

$$a_1 = 0.184\log(E_1) - 1.9547 = 0.184\ln(623662) - 1.9457$$
$$a_1 = 0.509$$

2.6.6 Condiciones y coeficientes de drenaje.

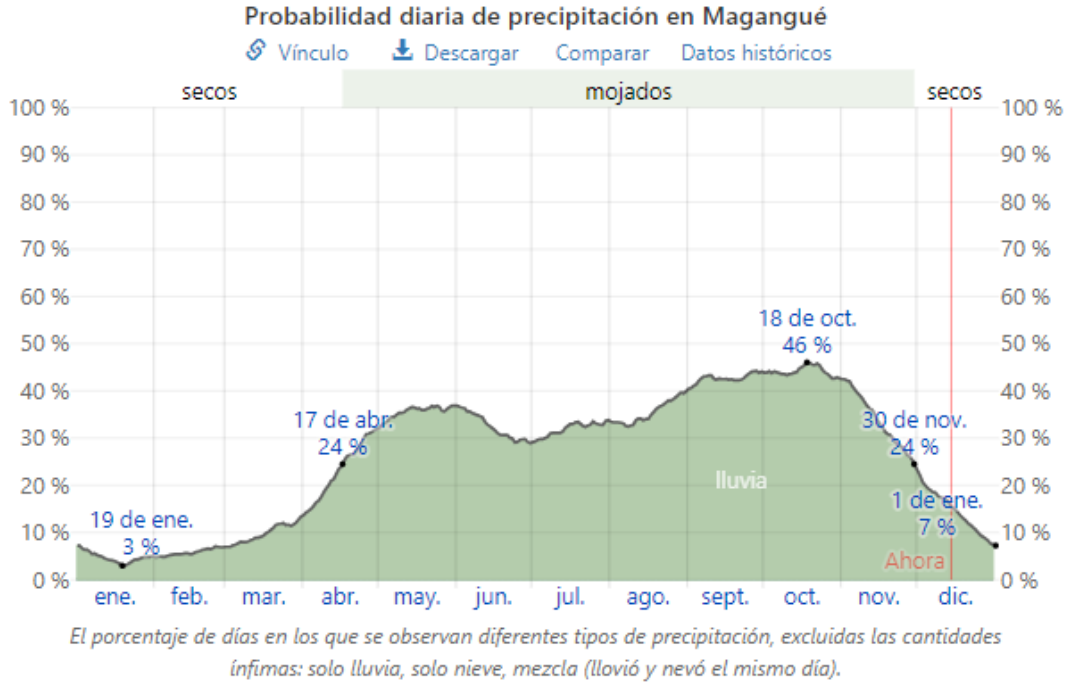
En función de datos de IDEAM se tiene un promedio de 95.9 días de lluvia al año por lo que estamos hablando de un 26.27%, obtenemos coeficientes de drenajes de 0.60

Tabla 2.17 coeficientes de drenajes

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Mas del 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: método AASHTO 93

Ilustración 2.7 probabilidad diaria de precipitación en Magangué



El porcentaje de días en los que se observan diferentes tipos de precipitación, excluidas las cantidades ínfimas: solo lluvia, solo nieve, mezcla (llovió y nevó el mismo día).

Días de	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Lluvia	1,5 días	1,6 días	3,1 días	7,1 días	11,1 días	9,7 días	9,9 días	11,1 días	12,8 días	13,7 días	9,9 días	4,4 días

Fuente: IDEAM

$$m_2 = m_3 = 0.60$$

2.6.7 Determinación del número estructural y espesor de la capa asfáltica.

Calculamos el número estructural de la capa asfáltica mediante la siguiente ecuación

$$\log(W_{18}) = Z_r S_o + 9.36\log(SN_1 + 1) - 0.2 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \left(\frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5.19}}\right)}\right] + 2.32\log(M_r) - 8.07$$

$$\log(664.000) = -1.037 * 0.45 + 9.36\log(SN_1 + 1) - 0.2 + \left[\frac{\log\left(\frac{2.20}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \left(\frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5.19}}\right)}\right] + 2.32\log(29.000) - 8.07$$

Obtenemos de esto un SN_1=1.61

$$h_1 = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{1.82}{0.509} = 3.57"$$

este valor está por encima del espesor mínimo así que usamos 10cm de capas asfáltica

$$SN^*_1 = a_1 h_1 = 3.94 * 0.509 = 2.00$$

2.6.8 Determinación del número estructural y espesor de la capa de la Base granular.

Calculamos el número estructural de la capa de base mediante la siguiente ecuación

$$\log(W_{18}) = Z_r S_o + 9.36\log(SN_2 + 1) - 0.2 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \left(\frac{1094}{(SN_2 + 1)^{5.19}}\right)}\right] + 2.32\log(M_r) - 8.07$$

$$\log(644.000) = -1.037 * 0.45 + 9.36\log(SN_2 + 1) - 0.2 + \left[\frac{\log\left(\frac{2.20}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \left(\frac{1094}{(SN_2 + 1)^{5.19}}\right)}\right] + 2.32\log(14900) - 8.07$$

Obtenemos de esto un SN_2=2.34

$$h_2 = \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2} = \frac{2.34 - 2.00}{0.134 * 0.6} = 4.15" \approx 4.33" = 11cm$$

Redondeando utilizamos 11cm

$$SN^*_2 = SN^*_1 + a_2 h_2 m_2 = 2.00 + 4.33 * 0.6 * 0.134 = 2.35$$

2.6.9 Determinación del número estructural y espesor de la capa de la Subbase granular.

Calculamos el número estructural de la capa de subbase mediante la siguiente ecuación

$$\log(W_{18}) = Z_r S_o + 9.36 \log(SN_3 + 1) - 0.2 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \left(\frac{1094}{(SN_3 + 1)^{5.19}}\right)}\right] + 2.32 \log(M_r) - 8.07$$

$$\log(644.000) = -1.037 * 0.45 + 9.36 \log(SN_3 + 1) - 0.2 + \left[\frac{\log\left(\frac{2.20}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \left(\frac{1094}{(SN_3 + 1)^{5.19}}\right)}\right] + 2.32 \log(12000) - 8.07$$

Obtenemos de esto un SN_3=2.53

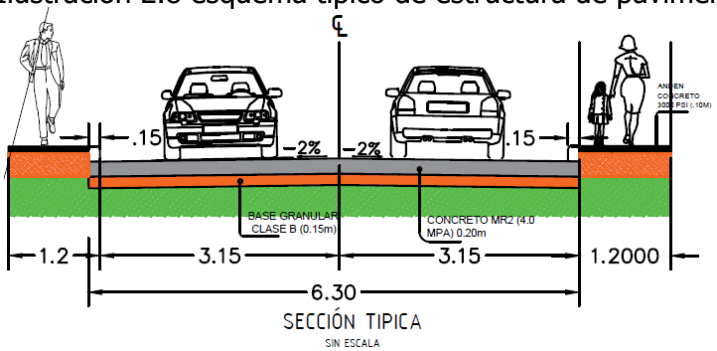
$$h_2 = \frac{SN_3 - SN^*_2}{a_2 m_2} = \frac{2.53 - 2.35}{0.108 * 0.6} = 2{,}74" \approx 2.76" = 7cm$$

Obteniendo una estructura de pavimento asfáltico de 10cm en asfalto y 11 centímetros de Base Granular Tipo C, 7 centímetros de Súbase Granular Tipo C, y un mejoramiento de terreno de 30cm

2.7 ESCOGENCIA DE ESTRUCTURA A UTILIZAR

La estructura escogida será en pavimento rígido y estará conformada por 20 cm de losa, 15 cm de sub-base granular y 20 cm de mejoramiento del suelo de conformidad con el estudio geotecnico y los resultados analizados con la aplicación de los métodos de diseño de pavimentos.

Ilustración 2.8 esquema típico de estructura de pavimento



2.8 DISEÑO DE LOSAS EN INTERSECCIONES Y TRANSICIONES

Dentro de la vía tenemos ciertos puntos críticos en los cuales debemos diseñar las losas con especificaciones particulares

2.8.1 Transición pavimento flexible a rígido.

Para transiciones entre pavimento rígido y asfaltico como es el caso de la intersección con la calle 16 con transversal 29 podemos utilizar cualquiera de los siguientes esquemas

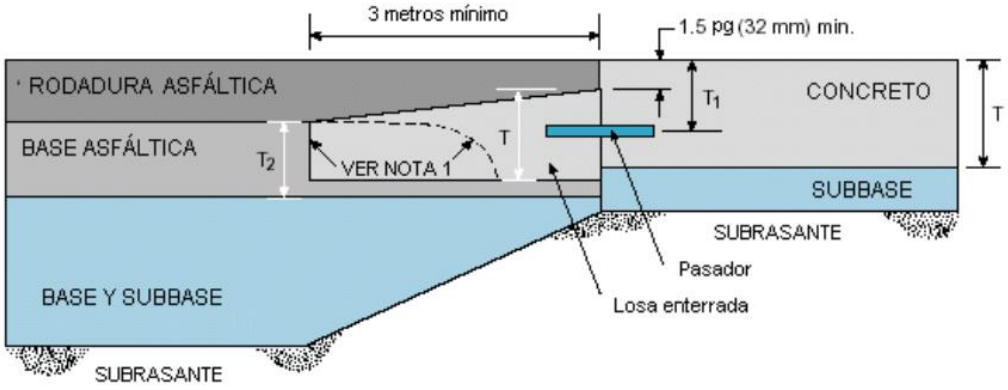
Ilustración 2.9 Intersección Calle 16 con Transversal 29



Fuente: Google Maps

- Esquema 1 transición con placa embebida entre capas de asfalto y base asfáltica

Ilustración 2.10 esquema 1 transición de pavimento rígido a flexible



Fuente: Curso básico de diseño de pavimentos Fernando Sánchez Sabogal

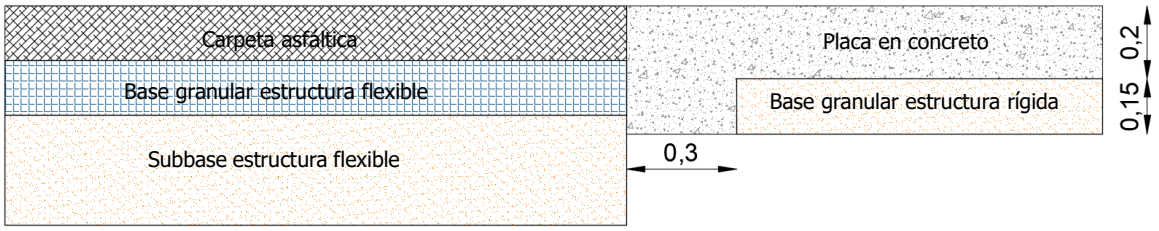
Para este esquema

$$T_1 = 100mm$$
$$T = 200mm$$

$$T_2 = 200 - 115 = 85mm < 150mm$$
$$T_2 = 150mm$$

- Esquema 2 transición con placa terminada en dentellón de concreto

Ilustración 2.11 esquema 2 transiciones de pavimento rígido a flexible

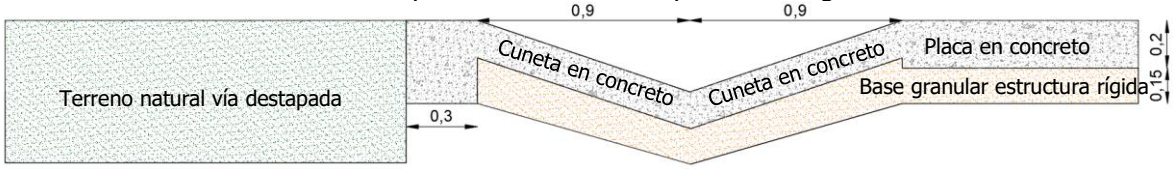


Fuente: Propia

2.8.2 Transición pavimento rígido a vía destapadas cruces calles (Bocacalles)

Para la transición entre la vía en pavimento rígido y el resto de vía destapada se optamos realizar el siguiente esquema

Ilustración 2.12 esquema 2 transición de pavimento rígido a flexible



Fuente: Propia

2.9 CONCLUSIONES.

El ancho promedio de la calzada de la vía es de 6,20 metros en promedio según topografía

El para el diseño de pavimento se usó un tránsito en 20 años equivalente 644.000 Ejes de 80KN, lo que nos sitúa en un tránsito T0

El CBR para el diseño de pavimentos en la subrasante fue de 2% mejorándolo con material seleccionado para alcanzar un CBR en conjunto de 8%

La vía esta categorizada como de tercer orden

La velocidad de diseño es de 40km/h

Se deben tener en cuenta los detalles a la hora de uniones entre pavimento flexible y rígido y entre pavimento rígido y vía destapada

La estructura obtenida mediante el manual de INVIAS cumple los requerimientos al haber sido evaluado mediante métodos racionales

2.10 RECOMENDACIONES.

Los diseños de pavimentos arrojaron una estructura formada por una capa en concreto MR40 de 40kg/cm^2 a la flexión con espesor de 20cm y una capa de base de 20cm.

Las juntas deben tener barras de anclajes de 85cm @120cm ϕ=1/2" y barras de pasadores de 35cm @30cm ϕ=1"

Las losas se construirán de 3,10 metros de ancho y 4,00 metros de largo

Las losas en la absicas donde halla bocacalles serán reforzadas como se aprecia en el capítulo de pavimento y en los planos

Las losas en la absicas inicial de la Transversal 29 y final de la Transversal 31 debido a la intersección en cuchilla serán reforzadas como se aprecia en el capítulo de pavimento y en los planos

Las losas a reforzar se harán mediante una malla en ambas direcciones con acero de ½" cada 15cm

El acabado para el pavimento se recomienda micro texturizado con peine transversal, dicho texturizado se puede hacer con felpa con grama sintética

Las juntas longitudinales se deben realizar mediante corte con contadora de al menos 2cm de profundidad para garantizar la acción de la junta

Las juntas transversales se deben realizar mediante corte con cortadora de al menos 3cm de profundidad, se recomienda utilización de grasa en uno de los extremos de las barras para garantizar que un lado este fijo y el otro suelto

El sellado de juntas se hará con Baker-rod (cola de ratón) y vulken o algún producto similar

Se aplicará emulsión parafínica (Antisol) para garantizar un buen proceso de curado de las losas

Las losas se realizarán de 3,10mts x 4,00mts

En la intersección con las calles que llegan a las vías a pavimentar se realizará una placa-cuneta del ancho de la calle que llega y 0,30m de profundidad, o en su defecto un bocacalle

Las calzadas de la vía construidas no podrán ser usadas y puestas en servicios antes de 14 días después de haber realizado la fundida de los pavimentos

Se recomienda el los cambio de pavimento abscisa K0+000 y en los cambios a terreno natural (Bocacalles) colocar dentellones en concreto como se aprecia en el capítulo de diseño de pavimentos

Se recomienda que estos dentellones tengas unas dimensiones de 0.35m de alto y 0.30m de ancho y que se refuercen con acero, 3 varillas de ½" abajo y 3 varillas de ½" arriba y transversalmente con varillas de ½" cada 0.30m intercalado así con el refuerzo de las placas reforzadas



ING. Egon Pierre P. Stohrq R.
M.P 13.202.229.511BLV
C.C. 1.047.367.188
Esp. Estructuras
Consultor