ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA MEJORAMIENTO VIAL CON ESTRUCTURA EN PAVIMENTO RÍGIDO UBICADA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

ELABORADO POR

LUIS FERNANDO OLIVARES PEÑA

INGENIERO CIVIL.

ESP. INGENIERIA DE PAVIMENTOS.

MAT. 082027368-7 ATL

BARRANQUILLA, ENERO DEL 2.026

V0

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

INTRODUCCIÓN

En el presente informe se presentan los estudios que soportan el diseño de la estructura de pavimento del proyecto **"MEJORAMIENTO VIAL CON ESTRUCTURA EN PAVIMENTO RÍGIDO UBICADA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO."**, como son:

- El estudio del tránsito para el diseño del pavimento, en este se recopilo información de campo en las vías a intervenir, se estableció el número de vehículos que transitan por ella y luego se proyectó este mismo teniendo en cuenta factores de seguridad, trafico atraído y generado por la intervención.

- El estudio de suelo, para determinar la granulometría, clasificarlos y determinar la capacidad de carga de este. Con los datos arrojados se pudo establecer el tipo de diseño que se necesitaba en esta parte de la estructura del pavimento.

- El diseño del tipo de estructura de pavimento, por estar ubicada en el perímetro urbano y se determino estudiar el tipo de estructura en pavimento rígido, el cual se escogió por consideraciones de tipo económico, financieros, técnicos y de mantenimiento de estas, ajustado el diseño a las especificaciones establecidas por el INVIAS.

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

CAPITULO 1

ALCANCE Y OBJETIVOS

1.1 ALCANCE

Documentar el diseño de la vía a mejorar y pavimentar en concreto rígido, cumpliendo con las características y especificaciones para este tipo de vía, al igual que los bordillos y andenes peatonales verificando las condiciones establecidas en los diseños, para lo cual se realizaron los estudios de topografía, suelo, tránsito y el diseño de la estructura del pavimento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Diseñar la estructura del pavimento rígido del proyecto **"MEJORAMIENTO VIAL CON ESTRUCTURA EN PAVIMENTO RÍGIDO UBICADA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO."**.

1.2.2 Específicos

Evaluar por medio de un estudio de suelo la capacidad de soporte de la subrasante y establecer el tipo de trabajos a realizar para mejor su capacidad de soporte de carga.

Recopilar y calcular el Tráfico promedio diario de camiones y buses que transitaran por la vía en 20 años.

Diseñar las estructuras de pavimento rígido de la vía a intervenir.

Establecer los costos finales de construcción de la vía que forma parte del proyecto.

CAPITULO 2

LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL PROYECTO

2.1 LOCALIZACION DEL PROYECTO.

La vía por evaluar en el presente informe comprende el trazado ubicado en el casco urbano del municipio de Baranoa, Departamento del Atlántico.

El sector vial por intervenir en el presente diseño se encuentra ubicado en la siguiente dirección:

Dirección	Barrio
Calle 20ª entre carreras 13 y 14	Pradito



Imagen 1 : Ubicación vía urbana, Municipio de Baranoa , Departamento del Atlántico.
Fuente: Google Earth y Wikipedia

2.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO.

El proyecto se desarrollará en la parte urbana del Municipio de Baranoa, puntualmente en los sectores registrados en el inciso 2.1.

A continuación, se describe una información básica del Municipio de Baranoa.

- Extensión: 127 Km²
- Altitud media: 118 m.s.n.m
- Coordenadas: 10º 47 '44"N 74º 55'10"O
- Población: 62.383 hab (según DANE)

Las condiciones topográficas corresponden a una vía de característica plana y regular con unos trazados geométricos definidos, con anchos promedios de calzada que oscilan entre

los 5.50 y 6,0m. Estas condiciones topográficas y geométricas deberán ser avaladas por el respectivo diseño geométrico, que para el caso estará fuera del alcance del presente diseño.

Básicamente el proyecto consta de la construcción de la estructura de pavimento tipo rígido Para el diseño del proyecto se realizó un estudio de suelo determinando con ello la capacidad de soporte, además, de un estudio de transito que permitió establecer el transito promedio diario de vehículo comerciales.

Igualmente, los elementos estructurales que componen el diseño del pavimento rígido son: la subrasante el cual funge como la fundación del pavimento y que puede estar sometida a condiciones de mejoramiento; una base que para este caso se toma en suelo cemento en donde su función es la de controlar el bombeo facilitar el drenaje y amortiguar cambios de volumen en la subrasante; la placa de rodadura construida en concreto hidráulico, su función es básicamente estructural y servir de capa de rodadura cómoda, segura y limpia; y la juntas, estas sirven para transferir cargas entre placas y controlar el agrietamiento de concreto simple.

Además de lo anterior, se recomienda la construcción de obras de drenaje superficial como pueden ser bordillo en concreto hidráulico reforzado y/o cuneta- bordillo en concreto hidráulico reforzado. Las anteriores estructuras deberán ser evaluadas y diseñadas por el especialista del tema.

Las placas tendrán unas pendientes transversales del orden del 2%, que permitirán que al presentarse precipitaciones de aguas pluviales sobra la calzada, las calles funjan como canales abiertos permitiendo el flujo libre de estas aguas.

Las dimensiones de las diferentes capas de la estructura del pavimento y los elementos complementarios- bordillos y andenes, se regirán por los resultados obtenidos en los diferentes estudios y para su posterior construcción serán tenidas en cuenta las normas del Instituto Nacional de Vías-INVIAS y de esta forma garantizar la estabilidad de la estructura de pavimento.

Se justifica la inversión de la construcción en pavimento rígido de las vías antes mencionadas entre otras consideraciones:

- Mejora considerablemente las condiciones de movilidad vehicular y peatonal.
- Mejora las condiciones de salubridad de los sectores intervenidos.
- Mejora la calidad de vida de los habitantes ubicados en la zona de influencia.
- Mejora las condiciones en forma integral de los sectores viales.
- Dinamiza el comercio que se puede encontrar en los corredores viales.
- Se amplía la cobertura de la malla vial del Municipio.

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

CAPITULO 3

ESTUDIO GEOTECNICO

A continuación, se describen a manera de resumen algunas consideraciones de orden técnico del estudio geotécnico EG 194-2025 realizado por la firma LCV INGENIERIA SAS.

- El sitio de trabajo para la toma de muestras de suelos fue en la Calle 20ª entre carreras 13 y 14.
- El corredor vial se encuentra ubicados en zonas urbanística consolidada.
- Es un sector que se encuentra en toda su extensión en condiciones topográficas planas.
- El sector vial para este diseño en particular estarán conformados por una calzada de ancho promedios de 5.50 m y 6.00 sin berma.
- El estudio geotécnico tiene un alcance para soporte técnico en diseño de vía en pavimento rígido y obra de drenaje transversal tipo alcantarilla cajón (box coulvert)
- A continuación, se muestran los ensayos realizados y sus respectivas especificaciones técnicas:

Ensayos de laboratorio	Norma ASTM	Norma NTC
Contenido de Humedad Natural	ASTM D 2216-22	NTC 1495
Granulometría por tamizado	ASTM 422-63	NTC 1522
Límites de Atterberg	ASTM D 4318-95	NTC 4630
Relación de soporte del suelo	ASTM D 1883-07	

- Para el diseño de pavimento rígido se ejecutaron 2 apiques por métodos manuales llevados a 1,5 m de profundidad, estratégicamente localizados para conocer las condiciones estratigráficas del sitio.

- Para el diseño de estructura de drenaje transversal tipo box coulvert se ejecutaron 2 sondeos programados a 6.00 m por métodos mecánicos bajo la normatividad ASTM D 1586, conocida como Ensayo de Penetración Estándar (STANDARD PENETRATION TEST, SPT).

DESCRIPCION	LATITUD	LONGITUD
SONDEO 1	10.956815	- 74.978507
SONDEO 2	10.956702	- 74.978423

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

APIQUE 1	10.956700	- 75.978200
APIQUE 2	10.795122	- 74.921297

- El nivel de agua subterránea, que se midió en época de invierno, no se detectó filtración de aguas freáticas en los apiques y sondeos a las profundidades evaluadas.
- Se muestra la caracterización de los suelos:

GRANULOMETRIAS Y LIMITES DE ATTERBERG -SONDEOS									
DESCRIPCION	PROFUNDIDAD	TIPO DE SUELO	CLASIFICACION USC	% DE FINO	% DE ARENA	% DE GRAVAS	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
Apique 1	0.00 - 0.50	Arena Limosa	SM	14.30	71.24	14.46	NP	NP	NP
	1.00 - 1.50	Arena Limosa	SM	2.80	85.58	10.64	NP	NP	NP
Apique 2	0.00 - 0.50	Arcilla	CL	79.50	18.97	1.51	40.57	20.16	20.41
	1.0 - 1.50	Arcilla	CL	77.50	20.51	1.99	40.02	20.18	19.84
Sondeo 1	0.00 - 0.50	Arena Limosa	SM	8.00	83.42	8.61	NP	NP	NP
	1.00 - 1.50	Arena Limo Arcillosa	SM-SC	32.20	67.77	0.00	20.58	14.12	6.46
	3.00 - 3.50	Arcilla	CL	50.20	49.84	0.00	24.77	12.80	11.97
	4.00 - 4.50	Arcilla	CL	61.20	38.83	0.00	30.53	15.10	15.43
Sondeo 2	0.00 - 0.50	Arena Limosa	SM	5.30	86.36	8.39	NP	NP	NP
	1.00 - 1.50	Arena Arcillosa	SC	39.90	60.15	0.00	20.53	13.37	7.16
	2.50 - 3.00	Arena Arcillosa	SC	26.70	73.33	0.00	23.44	13.15	10.29
	3.50 - 4.00	Arena Arcillosa	SC	26.70	73.33	0.00	33.61	16.71	16.90

CONTENIDO DE HUMEDAD							
SONDEO	MUESTRA	UBICACION	PROFUNDIDAD	T+SH	T+SS	T	W%
1	1	CALLE 20A - CRA 13	0.00 - 0.50	166,8	155,2	33,2	9,51
1	2	CALLE 20A - CRA 13	0.50 - 1.00	63	57,4	7,4	11,20
1	3	CALLE 20A - CRA 13	1.00 - 1.50	224,5	204,5	34,3	11,75
1	4	CALLE 20A - CRA 13	1.50 - 2.00	62,1	56,3	4,5	11,20
1	2	CALLE 20A - CRA 13	2.00 - 2.50	84,5	75,2	4	13,06
1	6	CALLE 20A - CRA 13	2.50 - 3.00	57,9	50	4	17,17
1	7	CALLE 20A - CRA 13	3.00 - 3.50	220,9	195	36,2	16,31
1	8	CALLE 20A - CRA 13	3.50 - 4.00	65,6	57,1	3,7	15,92

CONTENIDO DE HUMEDAD						
MUESTRA	UBICACION	PROFUNDIDAD	T+SH	T+SS	T	W%

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

1	CALLE 20A - CRA 14	0,00 - 0,50	170,2	162,2	35,7	6,32
2	CALLE 20A - CRA 14	0,50 - 1,00	85,2	78,9	4,9	8,51
3	CALLE 20A - CRA 14	1,00 - 1,50	279,4	254,5	34,1	11,30
4	CALLE 20A - CRA 14	1,50 - 2,00	55,2	49,4	4	12,78
2	CALLE 20A - CRA 14	2,00 - 2,50	70,0	63,3	4,5	11,39
6	CALLE 20A - CRA 14	2,50 - 3,00	207,4	188,9	34,8	12,01
7	CALLE 20A - CRA 14	300 - 3,50	43,6	39,6	4,3	11,33
8	CALLE 20A - CRA 14	3,50 - 4,00	183,0	169,3	56,1	12,10
9	CALLE 20A - CRA 14	4,00 - 4,50	78,6	70,8	7,4	12,30
10	CALLE 20A - CRA 14	4,50 - 5,00	73,8	66,7	5,7	11,64
11	CALLE 20A - CRA 14	5,00 - 5,50	48,3	43	4,3	13,70
12	CALLE 20A - CRA 14	5,50 - 6,00	37,0	33	6	14,81

CONTENIDO DE HUMEDAD						
MUESTRA	UBICACION	PROFUNDIDAD	T+SH	T+SS	T	W%
1	CALLE 20A - CRA 13	0,00 - 0,50	257,4	247,8	55,5	4,99
2	CALLE 20A - CRA 13	0,50 - 1,00	66,5	64,2	4,1	3,83
3	CALLE 20A - CRA 13	1,00 - 1,50	221,2	215,7	34,9	3,04

CONTENIDO DE HUMEDAD						
MUESTRA	UBICACION	PROFUNDIDAD	T+SH	T+SS	T	W%
1	CALLE 20A - CRA 14	0,00 - 0,50	215,4	194,9	55,7	14,73
2	CALLE 20A - CRA 14	0,50 - 1,00	52,4	46,3	4	14,42
3	CALLE 20A - CRA 14	1,00 - 1,50	73,4	65	4,4	13,86

A continuación, se muestra la evaluación de grado de expansión en los suelos evaluados:

Ubicación	Limite Liquido	Limite Plástico	Índice Plasticidad	Clasificación USC	Grado de expansión por LL		Grado de expansión por IP		
					Chen	Norma IS 1498	Holtz y Gibbs	Chen	Norma IS 1498
Apique 1	NP	NP	NP	SM	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
	NP	NP	NP	SM	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Apique 2	40,57	20,16	20,41	CL	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio
	40,02	20,18	19,84	CL	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio
Sondeo 1	NP	NP	NP	SM	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
	20,58	14,12	6,46	SM-SC	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
	24,77	12,80	11,97	CL	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

	30,53	15,10	15,43	CL	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio
Sondeo 2	NP	NP	NP	SM	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
	20,53	13,37	7,16	SC	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
	23,44	13,15	10,29	SC	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
	33,61	16,71	16,90	SC	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio

En los apiques hay predominio de suelos tipo SM y CL. Para tipo de suelo SM predomina grado de expansividad Bajo y para suelo tipo CL predomina grado de expansividad Medio. En los sondeos hay predominio de suelos SM, CL Y SC. Para tipo de suelo SM predomina grado de expansividad Bajo, para suelo tipo CL predomina grado de expansividad Medio y para suelo tipo SC predomina grado de expansión Bajo.

EVALUACION GEOTECNICA PARA PAVIMENTO RIGIDO

- Los materiales encontrados, a lo largo de la zona de proyección de pavimento son de grano grueso con presencia de finos para la vía donde se encuentra la arena limosa (SM) de plasticidad nula, de plasticidad baja en presencia de arena limo arcillosa (SM-SC) con índice de plasticidad de 6.46% y de plasticidad baja a media en presencia de arcilla de baja compresibilidad (CL) con índice de plasticidad entre 11.97 a 20.41%.
- Los materiales encontrados en todos los apiques realizados en la zona de la vía son de plasticidad nula, donde se encontró arena limosa (SM) y la arcilla de baja compresibilidad (CL).

- A continuación, se muestra los valores de CBR.

CBR						
Descripción	Profundidad	Tipo de suelo	Densidad húmeda (lb/pies3)	Densidad seca (lb/pies3)	Contenido de humedad (%)	CBR (%)
Apique 1	0.50 - 1.00	Arena Limosa	115.77	103.61	11.70	7.10
Apique 2	0.50 - 1.00	Arena Limosa	123.20	105.60	16.70	3.60

- A continuación, se muestra el procedimiento de cálculo del CBR de diseño.

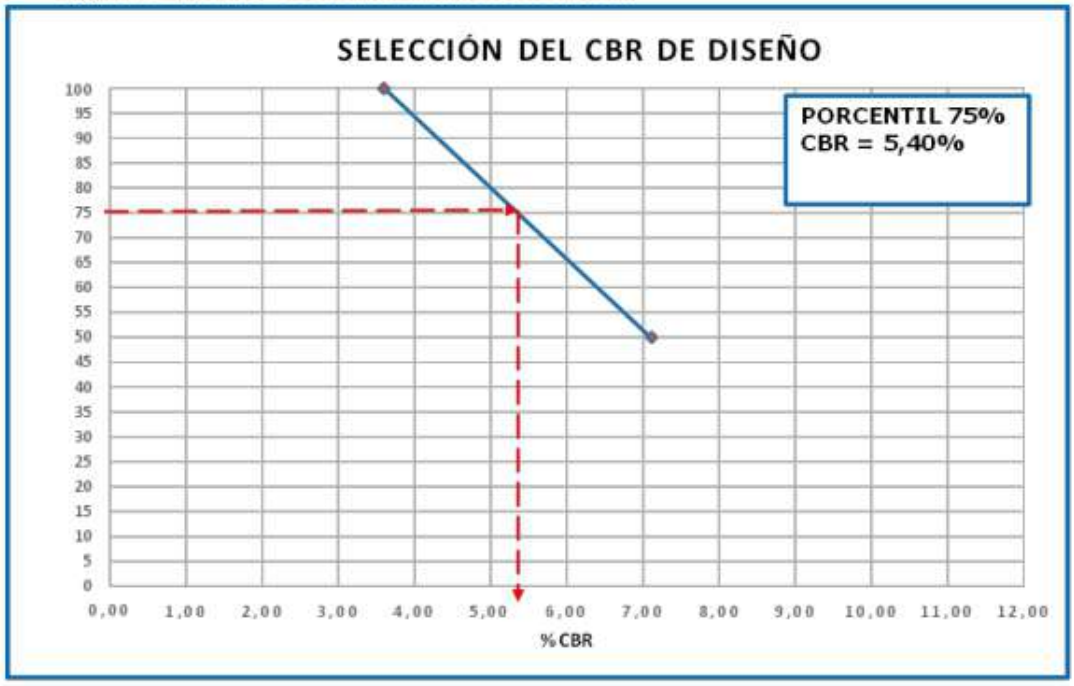
Límites para selección de resistencia	
Numero de ejes sencillos de 8,2 ton en el carril de diseño (N)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia
Menor de	60

10^4	
10^4 - 10^6	75
mayor a 10^6	87.5

Selección del CBR de diseño.

APIQUE	CBR %	NUMERO DE VALORES IGUALES O MAYORES	% VALORES IGUALES O MAYORES
Apique 2	3.60	2	100
Apique 1	7.10	1	50
	Total	2	

- El CBR de campo varían entre 3.60% a 7.10% lo categoriza como subrasante pobre a regular, teniendo en cuenta la situación crítica.



- Para las vías urbanas evaluadas el valor de CBR de diseño registrado por el estudio geotécnico para un percentil del 75% que equivale a CBR = 5.40%.

- Los materiales por utilizar en la obra deben ser previamente sometidos a ensayos de laboratorio para su aprobación; además, durante el proceso constructivo se debe realizar el control de calidad con ensayos de campo y laboratorio.

- Con el propósito de evitar las fallas in situ se recomienda la construcción de obras de arte perimetrales al pavimento que de contención que permita, aumentar la estabilización por filtración y/o cualquier régimen de escorrentía.

- Al encontrar presencia de material fino en los estratos evaluados se recomienda no usar este como material de relleno en ningún caso, esto para evitar asentamientos diferenciales a la estructura a construir.

EVALUACION GEOTECNICA PARA BOX COULVERT

- A continuación, se muestran las propiedades físico- mecánicas de los suelos en la zona del box coulvert:

Arena Limosa (SM)

Contenido de Humedad	6.32 – 9.51%
Limite Liquido	NP
Limite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP
Cohesión	0.00 Ton/m2
Clasificación	SM
% Pasa tamiz No 200	5.30 – 8.00%

Arena Arcillosa (SC)

Contenido de Humedad	8.51 – 14.81%
Limite Liquido	20.53 – 33.61%
Limite Plástico	13.15 – 16.71%
Índice de Plasticidad	7.06 – 16.90%
Cohesión	0.20 Ton/m2
Clasificación	SC
% Pasa tamiz No 200	26.70 – 39.90%

Arcilla de baja compresibilidad (CL)

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

Contenido de Humedad	13.06 – 17.17%
Limite Liquido	24.77 – 30.53%
Limite Plástico	12.80 – 15.10%
Índice de Plasticidad	11.97 – 15.43%
Cohesión	2.00 Ton/m2
Clasificación	CL
% Pasa tamiz No 200	50.20 – 61.20%

- A continuación, se muestran las propiedades físico- mecánicas de los suelos en la zona del box coulvert teniendo en cuenta los resultados del ensayo SPT:

SONDEO 1			Corrección						
Profundidad (m)	Nspt	Tipo de suelo	N60	Compacidad / Consistencia	Coeficiente de Poisson	Coeficiente de Balasto	Angulo de friccion	Coeficiente Empuje de Tierra en Reposo (K0)	Coeficiente Empuje de Tierra Activo (Ka)
0,50	10	SM	6	Suelta	0,21	2,25	22,26	0,62	0,45
1,00	18	SM-SC	10	Medianamente Dura	0,23	4,05	24,74	0,58	0,41
1,50	18	SM-SC	10	Medianamente Dura	0,23	4,05	24,74	0,58	0,41
2,00	22	CL	12	Firme	0,24	3,20	25,77	0,57	0,39
2,50	30	CL	17	Muy Firme	0,31	4,43	27,58	0,54	0,37
3,00	21	CL	12	Firme	0,23	3,05	25,52	0,57	0,40
3,50	24	CL	14	Firme	0,26	3,51	26,25	0,56	0,39
4,00	27	CL	15	Firme	0,28	3,97	26,93	0,55	0,38
4,50	28	CL	18	Muy Firme	0,32	4,69	27,94	0,53	0,36
5,00	33	CL	21	Muy Firme	0,37	5,56	29,04	0,51	0,35
5,50	35	CL	22	Muy Firme	0,39	5,91	29,46	0,51	0,34
5,50	36	CL	23	Muy Firme	0,40	6,22	29,83	0,50	0,34
NAF	NA								

SONDEO 2			Corrección						
Profundidad (m)	Nspt	Tipo de suelo	N60	Compacidad / Consistencia	Coeficiente de Poisson	Coeficiente de Balasto	Angulo de friccion	Coeficiente Empuje de Tierra en Reposo (K0)	Coeficiente Empuje de Tierra Activo (Ka)
0,50	9	SM	5	Suelta	0,21	2,03	21,89	0,63	0,46
1,00	9	SC	5	Suelta	0,21	2,03	21,89	0,63	0,46
1,50	14	SC	8	Suelta	0,22	3,15	23,59	0,60	0,43

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

2,00	16	SC	9	Medianamente Dura	0,23	3,60	24,19	0,59	0,42
2,50	21	SC	12	Medianamente Dura	0,24	4,73	25,52	0,57	0,40
3,00	26	SC	15	Medianamente Dura	0,25	5,85	26,71	0,55	0,38
3,50	27	SC	15	Medianamente Dura	0,25	6,08	26,93	0,55	0,38
4,00	29	SC	16	Medianamente Dura	0,26	6,53	27,37	0,54	0,37
4,50	28	SC	18	Medianamente Dura	0,26	7,14	27,94	0,53	0,36
5,00	30	SC	19	Medianamente Dura	0,27	7,65	28,39	0,52	0,36
5,50	33	SC	21	Medianamente Dura	0,28	8,42	29,04	0,51	0,35
6,00	35	SC	22	Medianamente Dura	0,28	8,93	29,46	0,51	0,34

- La cimentación del box culvert estará constituida por la losa inferior de la estructura, la cual cumple simultáneamente funciones estructurales y de cimentación, distribuyendo las cargas hacia el suelo natural de apoyo.

- Técnicamente, el box culvert trabaja como una estructura rígida apoyada directamente sobre el terreno, por lo que su losa inferior cumple función estructural y geotécnica.

- El box culvert se apoyará sobre una cimentación superficial constituida por la losa inferior de la estructura, la cual distribuye las cargas al suelo de fundación.

- A continuación, se muestran los resultados de corrección de numero de golpes y calculo del Angulo de fricción:

NAF **NA**

SONDEO 1									Factores de Corrección				Corrección		
Profundidad (m)	Nspt	Tipo de suelo	Peso Unitario Seco Y (kN/m3)	Espesor del estrato (m)	Esfuerzo por cada estrato (kPa)	Esfuerzo acumulado (kPa)	Presión de Poros u (kPa)	Esfuerzo Efectivo σ' (kPa)	nh (%)	nr	nb	ns	N60	CN	N1(60)
0,50	10	SM	19,00	0,50	9,50	9,50	0,00	9,50	45,0	0,75	1,0	1,0	6	2,3	13
1,00	18	SM-SC	18,00	0,50	9,00	18,50	0,00	18,50	45,0	0,75	1,0	1,0	10	1,9	19
1,50	18	SM-SC	18,00	0,50	9,00	27,50	0,00	27,50	45,0	0,75	1,0	1,0	10	1,7	17
2,00	22	CL	17,00	0,50	8,50	36,00	0,00	36,00	45,0	0,75	1,0	1,0	12	1,6	19
2,50	30	CL	17,00	0,50	8,50	44,50	0,00	44,50	45,0	0,75	1,0	1,0	17	1,4	24
3,00	21	CL	17,00	0,50	8,50	53,00	0,00	53,00	45,0	0,75	1,0	1,0	12	1,3	16
3,50	24	CL	17,00	0,50	8,50	61,50	0,00	61,50	45,0	0,75	1,0	1,0	14	1,3	17
4,00	27	CL	17,00	0,50	8,50	70,00	0,00	70,00	45,0	0,75	1,0	1,0	15	1,2	18
4,50	28	CL	17,00	0,50	8,50	78,50	0,00	78,50	45,0	0,85	1,0	1,0	18	1,1	20
5,00	33	CL	17,00	0,50	8,50	87,00	0,00	87,00	45,0	0,85	1,0	1,0	21	1,1	23
5,50	35	CL	17,00	0,50	8,50	95,50	0,00	95,50	45,0	0,85	1,0	1,0	22	1,0	23
5,50	36	CL	17,00	0,00	0,00	95,50	0,00	95,50	46,0	0,85	1,0	1,0	23	1,0	24

NAF **NA**

SONDEO 2	Factores de Corrección	Corrección

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

Profundidad (m)	Nspt	Tipo de suelo	Peso Unitario Seco Y (kN/m3)	Espesor del estrato (m)	Esfuerzo por cada estrato (kPa)	Esfuerzo acumulado (kPa)	Presión de Poros u (kPa)	Esfuerzo Efectivo σ' (kPa)	n1	n12	n3	n4	N60	CN	N1(60)
0,50	9	SM	19,00	0,50	9,50	9,50	0,00	9,50	45,0	0,75	1,0	1,0	5	2,3	12
1,00	9	SC	18,50	0,50	9,25	18,75	0,00	18,75	45,0	0,75	1,0	1,0	5	1,9	10
1,50	14	SC	18,50	0,50	9,25	28,00	0,00	28,00	45,0	0,75	1,0	1,0	8	1,7	13
2,00	16	SC	18,50	0,50	9,25	37,25	0,00	37,25	45,0	0,75	1,0	1,0	9	1,5	14
2,50	21	SC	18,50	0,50	9,25	46,50	0,00	46,50	45,0	0,75	1,0	1,0	12	1,4	17
3,00	26	SC	18,50	0,50	9,25	55,75	0,00	55,75	45,0	0,75	1,0	1,0	15	1,3	19
3,50	27	SC	18,50	0,50	9,25	65,00	0,00	65,00	45,0	0,75	1,0	1,0	15	1,2	19
4,00	29	SC	18,50	0,50	9,25	74,25	0,00	74,25	45,0	0,75	1,0	1,0	16	1,2	19
4,50	28	SC	18,50	0,50	9,25	83,50	0,00	83,50	45,0	0,85	1,0	1,0	18	1,1	20
5,00	30	SC	18,50	0,50	9,25	92,75	0,00	92,75	45,0	0,85	1,0	1,0	19	1,0	20
5,50	33	SC	18,50	0,50	9,25	102,00	0,00	102,00	45,0	0,85	1,0	1,0	21	1,0	21
6,00	35	SC	18,50	0,50	9,25	111,25	0,00	111,25	45,0	0,85	1,0	1,0	22	0,9	21

- Para el box culvert proyectado, la losa inferior se concibe como el elemento de cimentación de la estructura, dado que esta debe coincidir con la cota del fondo natural del cauce para garantizar la continuidad hidráulica del arroyo. En consecuencia, la profundidad de desplante inicial se define como el espesor de la losa inferior del box culvert. A dicha profundidad se evalúa la capacidad portante admisible del suelo, y con base en la comparación entre las presiones actuantes y la capacidad del terreno se determina la necesidad o no de implementar un sistema de mejoramiento de subrasante.
- A continuación, se muestran los valores del calculo de la capacidad admisible de carga a varias profundidades de desplante:

CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA: DETERMINAR Qadm

INSERTE LOS SIGUIENTES DATOS	
Unidades	Métricas
B (m, ft)	4
Df (m, ft)	0,35
D (m, ft)	2,65
ϕ' (°)	20
c' (kPa, lb/ft^2)	1
γ (kN/m^3, lb/ft^3)	18,5
γSAT (kN/m^3, lb/ft^3)	10,5
Caso	3
Forma de la zapata	Cuadrada
F.S.	3
L (m, ft)	5

PROCESAMIENTO DE DATOS	
q (kN/m^2, lb/ft^2)	6,48
Ŷ (kN/m^3, lb/ft^3)	12,49
Nq	6,40
Nc	14,83
Nγ	5,39

Capacidad última de carga	
q_u (kN/m^2, lb/ft^2)	168,36

Capacidad admisible de carga	
q_{adm} (kN/m^2, lb/ft^2)	56,12

Carga admisible en la zapata	
Q_{adm} (kN, lb)	897,93

Capacidad admisible de carga	
q_{adm} (Ton/m2)	5,72

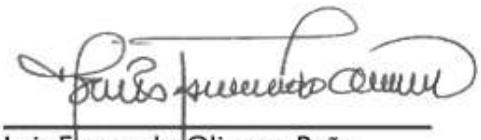
Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

Profundidad	Capacidad Portante	Tipo de Suelo
0.25	5.45	Arena con presencia de finos (SM, SC y/o SM-SC)
0.30	5.59	
0.35	5.72	
0.40	5.86	
0.45	5.99	
0.50	6.13	
0.55	6.27	
0.60	6.40	
0.65	6.54	
0.70	6.67	

- La capacidad portante recomendada para la cimentación es 5.59 TON/M2 a 0.30 mts de profundidad, sin incluir la estabilización del terreno con 0.30 mts de concreto ciclópeo.
- Si el suelo se somete al máximo esfuerzo admisible, se espera un asentamiento máximo de 19 mm. Se deberá verificar que los valores sean tolerables por la construcción e inferiores al rango permisible.

Nota : Esta consultoría deja constancia que asumirá los valores de diseño pertinentes que considere necesario, lo mismo que tomar o descartar las recomendaciones técnicas propuestas por la empresa consultora LCV INGENIERIA SAS



Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero civil
Especialista en ingeniería de pavimentos
Mat No 082027368-7 ATL

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

CAPITULO 4

ESTUDIO DE TRANSITO

4.1 INTRODUCCION

En el presente capitulo se presentan los criterios y los diferentes cálculos ejecutados, a partir de diversas fuentes, para establecer el Número de Ejes Equivalentes a 8,2 Ton para en el año 20, que refleje las condiciones particulares del corredor vial que se está estudiando.

4.2 METODOLOGIA

Para la ejecución de las actividades de campo y la elaboración del informe se siguió la metodología enmarcada en criterios técnicos e ingenieriles y las recomendadas por la Portland Cement Association - PCA utilizado y reglamentado por el INVIAS acompañado de los datos de captura tomados en el campo.

La Portland Cement Association – PCA define el tránsito de diseño como el número de ejes que pasan por el carril de diseño durante el periodo de diseño, clasificado por tipo y carga por eje. Para determinarlo se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- La tasa de crecimiento del tránsito.
- Los factores de distribución del tránsito.
- La distribución de pesos por ejes por cada 1.000 vehículos comerciales.

Los principales factores de tránsito que inciden en el diseño de un pavimento rígido son el número y la magnitud de las cargas por ejes más pesados, que se esperan en el carril de diseño durante el periodo de diseño. Estos valores se obtienen a partir de estimativos de:

- Transito promedio diario en ambas direcciones (TPD).
- Cargas por eje de los vehículos comerciales.

4.2.1 Acopio de Información

La recopilación de información se realizó atreves de aforos tomados en la vía que se consideró más traficada. En este conteo se muestrearon a diferentes horas del día el número de vehículo-buses y comuniones que transitan por la vía en estudio, con el fin de establecer el número de ejes equivalentes que en la actualidad pasan por ella.

El presente estudio abarca el diseño para uno (1) corredor vial urbano el cual fue visitado y se constataron las siguientes apreciaciones técnicas:

- Es una vía que circunda zonas de uso del suelo residencial.

- La evaluación técnica del corredor vial urbano permitió determinar que, de acuerdo a su ubicación y entorno, no existe presencia de comercio mayor y/o industrias y/o equipamientos metropolitanos.
- La vía se puede considerar como urbana de acceso local, no productiva.
- La vía se enmarca en una jerarquía como no arterial/no colectora.
- La vía que se clasifica como urbana local no conecta sectores estratégicos del municipio, no canaliza tránsito de paso y su función principal es servir de acceso a viviendas, circulación barrial y servicio a residentes.
- La vía se enmarca en una jerarquía como urbana local cuya función principal es servir de acceso directo a predios, tránsito interno del barrio y comunicantes con el resto de las vías. La vía por diseñar se intercepta con vías construidas en pavimento rígido.
- Es una vía con capa de rodadura en material granular donde es bajo la circulación vehicular de autos y camiones. Por las vías a diseñar no existe circulación de rutas de buses al igual que en las vías transversales a ella.
- Debido a las anteriores características y al alcance de diseño para las vías urbanas, se decidió tomar un punto de aforo vehicular que sea representativo que para el presente caso estará ubicando la carrera 13 con calle 20A.
- El horario de los conteos se hizo durante ocho (8) días en un tiempo comprendido entre las 8:00 a:m hasta las 6:00 p:m y fue ubicado la zona de aforo en la carrera 13 con calle 20A. Se tomó este sector para el aforo porque se considera como un sitio estratégico de la movilidad vehicular a estudiar y proyectar en la vía a diseñar. Se da como anexo a este documento las planillas de los conteos vehiculares.

4.2.2 Procesamiento de la Información

Esta información fue digitalizada y resumida en diferentes tablas y gráficos que se muestran el presente documento y después fue analizada con el propósito de determinar los volúmenes futuros de TPD, para el desarrollo de la metodología se definieron las siguientes actividades:

- Definición de los componentes de transito
- Identificación de los sitios de conteo
- Recolección de información
- Codificación y Sistematización de la Información
- Análisis de la Información
- Pronóstico de Transito
- Cálculo de ejes equivalentes

4.3. TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (r).

Para el cálculo de las tasas de crecimiento anual (r) para establecer el incremento del tránsito, se presenta a continuación los siguientes datos que servirán para determinar su valor.

La consideración se basa en conocer de primera mano la ubicación del sitio donde se desarrollará el proyecto, indicadores socio-económicos, censo poblacional a nivel local y regional entre otros aspectos.

Dentro de la actividad de recolección de información se destaca que en el modelo de transporte y el sistema de actividades está del mismo se encuentra definido por una zonificación que determina los requerimientos de movilización de personas y mercancías de un lugar a otro. Así las cosas, el crecimiento en las necesidades de movilización de las personas está condicionado por las estadísticas de crecimiento demográfico reportadas por el DANE, mientras que las necesidades de movilización de las mercancía dependen tanto del consumo, como de la actividad productiva, la cual corresponde al crecimiento del consumo, el cual está determinado principalmente por la dinámica de crecimiento demográfico; en cambio el crecimiento de la actividad productiva depende del comportamiento de las variables explicativas de los modelos de generación de carga, entre los que se encuentran el PIB y la capacidad de producción según el tipo de producto.

4.3.1. Crecimiento Demográfico del Departamento del Atlántico.

Con respecto al crecimiento poblacional del departamento del Atlántico, se observa que el DANE ha proyectado un crecimiento promedio en el departamento del 1.75 %.

En el cuadro 1 siguiente se observan las proyecciones del DANE para el departamento del Atlántico, correspondiente a la zona de influencia directa del proyecto.

Proyecciones de población DANE 2018 – 2026. Departamento del Atlántico		
Año	Crecimiento poblacional	Tasa de crecimiento (%)
2,018	2,535,517.00	
2,019	2,638,151.00	3.89
2,020	2,722,128.00	3.08
2,021	2,771,139.00	1.77
2,022	2,804,025.00	1.17
2,023	2,835,509.00	1.11
2,024	2,865,489.00	1.05

2,025	2,894,367.00	1.00
2,026	2,922,354.00	0.96
Tasa de Crecimiento Anual Promedio (2018-2026)		1.75

Cuadro 1: Proyecciones de población DANE 2018 – 2026. Departamento del Atlántico.
Fuente : DANE

4.3.2. Crecimiento Demográfico del Municipio de Baranoa.

Proyecciones de población DANE 2018 – 2026 en Municipio de Baranoa		
Año	Crecimiento poblacional	Tasa de crecimiento (%)
2,018	62,382.00	
2,019	64,949.00	3.95
2,020	67,050.00	3.13
2,021	68,264.00	1.78
2,022	69,075.00	1.17
2,023	69,851.00	1.11
2,024	70,626.00	1.10
2,025	71,347.00	1.01
2,026	72,057.00	0.99
Tasa de Crecimiento Anual Promedio (2018-2026)		1.78

Cuadro 2: Proyecciones de población DANE . Municipio de Baranoa.
Fuente : DANE

4.3.3. Crecimiento económico.

Es de resaltar que dentro del análisis se tomaron como base aquellas actividades económicas cuyo porcentaje de participación porcentual en el PIB departamental fuera significativo como lo son:

- Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca
- Explotación de minas y canteras
- Industria manufacturera
- Suministro de electricidad, gas y agua
- Construcción
- Transporte, almacenamiento y comunicaciones
- Establecimientos financieros, seguros, actividades

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

El porcentaje promedio de participación del departamento del Atlántico en el PIB nacional, desde el año 2006 hasta el año 2024 de conformidad con la información registrada en la siguiente tabla.

Proyecciones de crecimiento anual del PIB del departamento del Atlántico.	
Año	Tasa de crecimiento (%)
2006	7.90
2007	9.40
2008	2.50
2009	0.00
2010	-0.40
2011	5.60
2012	6.90
2013	5.30
2014	6.70
2015	5.80
2016	1.80
2017	1.20
2018	2.30
2019	2.90
2020	-6.40
2021	12.20
2022	9.30
2023	0.70
2024	1.71

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Tasa de Crecimiento Anual Promedio (2021- 2024)	**5.98**

Cuadro 3: Proyecciones de crecimiento económico del departamento del Atlántico con respecto al PIB (Base 2015)
Fuente : Cámara de comercio de Barranquilla basado en datos del DANE

De acuerdo con las condiciones particulares debido al COVID (año 2020) en donde se registra un valor de -6.4%, se ha decidido tomar los valores registrados para los años 2021 y 2024.

AÑO	PIB - Valor agregado a precios corrientes (Miles de Millones de $)	Crecimiento Anual (%)	Inflación (%)	Deflactación (%)
2007	355	-4.77		
2008	374	5.37		
2009	383	2.15		
2010	353	-7.65		
2011	340	-3.88		
2012	333	-1.89		
2013	313	-6.20	1.94	-7.99
2014	302	-3.40	3.66	-6.81
2015	330	9.20	6.77	2.28
2016	376	13.95	5.75	7.75
2017	393	4.62	4.09	0.51
2018	421	7.13	3.18	3.83
2019	453	7.69	3.8	3.75
2020	491	8.35	1.61	6.63
2021[p]	628	27.74	5.62	20.94
2022[p]	840	33.88	13.12	18.35

DANE:PIB Departamento del Atlántico (sectores de la Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca) – Inflación – Deflactación	4.92

Cuadro 4: Proyecciones de crecimiento económico del departamento del Atlántico con respecto al PIB
Fuente : Cámara de comercio de Barranquilla basado en datos del DANE

4.3.4. Resumen de las tasas de crecimiento Analizadas.

A continuación, en el cuadro 5 se presenta el resumen de las fuentes analizadas y la tasa de crecimiento obtenida de cada una de ellas.

Fuente	Tasa (%)
Proyecciones de población DANE 2018 – 2026. Departamento del Atlántico	1.75
Crecimiento del PIB Departamento del Atlántico (2021-2024)	5.98
Proyecciones de población DANE 2018 – 2026 en Municipio de Baranoa	1.78
DANE:PIB Departamento del Atlántico (sectores de la Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca) – Inflación – Deflactación	4.92
Tasa crecimiento promedio	**3.61**

Cuadro 5: Resumen de las tasas de crecimiento analizadas
Fuente : Propia.

Al analizar las tasas de crecimiento anteriores, dio como resultado un valor promedio de 3.61%. Se seleccionó como tasa de crecimiento un valor del 3.70% debido a que es el valor más representativo en base a los diferentes indicadores de crecimiento evaluados y así mismo algo más conservadora que el valor del registrado en el Municipio de Baranoa, motivo por el cual su uso se reflejará en diseños y estudios óptimos para el proyecto, pero sin ser sobre dimensionados. Por lo anteriormente explicado y justificado, se considera valido la toma de una tasa de crecimiento del 3,70% para el presente diseño de vía en pavimento rígido.

4.4. FACTOR DAÑO.

Los siguientes valores se tomaron del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con medios y altos volúmenes de tránsito 2015 – INVIAS. A continuación, se muestran los valores de Factor Daño.

Tomado del Manual de diseño de pavimentos asfalticos en vias con medios y altos volumenes de trafico INVIAS 2015			
AASHTO			
Tipo	Detalle del vehiculo	Rango de Factor Daño por Vehiculo (FDV)	Factor Daño por Vehiculo ESCOGIDO
Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)		0.04 a 0.24	0.24
Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)		0.22 a 0.79	0.79
Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)		1.05 a 2.14	2.14
Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)		1.01 a 1.91	1.91
Camion C2P		0.04 a 0.30	0.30
Camion C2G		3.83	3.83
Camion C3		5.02	5.02
Camion C2S1		5.98	5.98
Camion C3S2		7.96	7.96
Camion C3S3		6.55	6.55

Cuadro 6. Factor daño según AASHTO
Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con medios y altos volúmenes de tránsito 2015 – INVIAS

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

Tomado del Manual de diseño de pavimentos asfalticos en vias con medios y altos volumenes de trafico INVIAS 2015			
Metodo de la cuarta potencia			
Tipo	Detalle del vehiculo	Rango de Factor Daño por Vehiculo (FDV)	Factor Daño por Vehiculo
Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)		0.04 a 0.24	0.24
Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)		0.22 a 0.78	0.78
Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)		1.04 a 2.13	2.13
Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)		1.03 a 1.93	1.93
Camion C2P		0.04 a 0.31	0.31
Camion C2G		3.92	3.92
Camion C3		5.31	5.31
Camion C2S1		6.06	6.06
Camion C3S2		8.36	8.36
Camion C3S3		6.5	6.50

Cuadro 7 . Factor daño según Método Cuarta Potencia
Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con medios y altos volúmenes de tránsito 2015 – INVIAS

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Tipo	FD (vehículos cargados)
Autos	0
Busetas 1	0.24
Buseta 2	0.79
Bus intermunicipal de 2 ejes	2.14
Bus intermunicipal de 3 ejes	1.91
C2P	0.30
C2G	3.83
C3	5.02
Camion C2S1 (antes C4)	5.98
Camion C3S2 (antes C5)	7.96
Camion C3S3 (antes >C5)	6.55

Cuadro 8. Factor daño escogidos para diseño.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con medios y altos volúmenes de tránsito 2015 – INVIAS

4.5. PRONOSTICO DEL TRANSITO.

Para cuantificar adecuadamente los volúmenes de tránsito en un proyecto vial se divide en tres componentes:

- Tránsito Normal o Tránsito Existente (TE).
- Tránsito Atraído (TAt).
- Tránsito Generado (TG).

En una carretera se debe determinar cuáles de las tres componentes se van a presentar una vez se inicie la operación del proyecto. Se pueden presentar muchas combinaciones, que se pueden asimilar a una de las siguientes situaciones:

Situación 1: Proyecto de mejoramiento (pavimentación) en zona con alto potencial de desarrollo económico. Para esta situación se podría esperar la presencia de las tres componentes.
Situación 2: Proyecto de mejoramiento (pavimentación) en zona con bajo potencial de desarrollo económico. Para esta situación se podría esperar la presencia de tránsito normal y atraído.
Situación 3: Proyecto nuevo en zona con alto potencial de desarrollo económico. En esta situación las componentes que se podrían dar en el tránsito son la de tránsito atraído y la del generado.
Situación 4: Proyecto nuevo en zona con bajo potencial de desarrollo económico. En esta situación las componentes que se podrían dar en el tránsito son la de tránsito atraído.

Dada la naturaleza del proyecto se deberá establecer cuales componentes de tránsito se deberán cuantificar.

Los volúmenes de tránsito futuro (TF), para efecto del proyecto se derivan a partir del tránsito actual TA, y del incremento del tránsito IT, esperado al final del periodo o año meta seleccionado. De acuerdo con esto, se plantea la siguiente expresión.

$$TF = TA + IT$$

4.5.1 Tránsito Actual (TA)

Es el volumen del tránsito que utilizara la carretera en el momento en que quede completamente pavimentada y se dé al servicio. En el mejoramiento de una carretera existente, el tránsito actual se compone de Tránsito Existente (TE) antes de la mejora, más el tránsito atraído (TAt), a ella de otras carreteras una vez finalizada su puesta en servicio. El tránsito actual TA, se puede establecer a partir de aforos de vehículos sobre las viabilidades de la región que influyan en la nueva carretera, estudios de origen y destino ó utilizando

parámetros socioeconómicos que se identifiquen plenamente con la economía de la zona. De esta manera, el tránsito actual TA, se expresa como:

$$TA = TE + TAt$$

4.5.1.1. Tránsito Existente (TE).

Es el que se produce en la zona de influencia del proyecto como consecuencia de la evolución previsible de sus parámetros característicos y coincide, por tanto, con el que circulará por la red si no se realizara el proyecto. Esta componente se determina a través del análisis de la serie histórica de tránsito, si esta existe, o de un conteo vehicular en base al volumen de tránsito que actualmente hacen uso de la vía, que, en el presente estudio, fue determinado mediante conteos de los vehículos que por la vía pasaron entre los **días 05 a 12 de enero de 2026**; lo cual permitió conocer el comportamiento de día hábil y días de fin de semana. Los resultados de los conteos se muestran en el Anexo No. 1.

Para este proyecto este valor fue obtenido a partir de aforos vehiculares que se presentan en los siguientes cuadros (No 9 y 10).

DIA	CATEGORIAS						TOTALES
	6	7	8	9	10	11	
	Camión C2P	Camión C2G	Camión C3	Camión C2S1 (antes C4)	Camión C3S2 (antes C5)	Camión C3S3 (antes >C5)	
1	4	5	1	0	0	0	10
2	7	6	2	0	0	0	15
3	5	4	0	0	0	0	9
4	4	5	4	0	0	0	13
5	6	4	3	0	0	0	13
6	7	5	0	0	0	0	12
7	5	4	0	0	0	0	9
8	9	7	2	0	0	0	18
TOTALES	47	40	12	0	0	0	99
%	47%	40%	12%	0%	0%	0%	100%

Cuadro 9: Conteos Realizados en campo (De camiones)
Fuente : Propia

DIA	CATEGORIAS				TOTALES
	2	3	4	5	
	Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0

5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
TOTALES	0	0	0	0	0
%	0%	0%	0%	0%	0%

Cuadro 10: Conteos Realizados en campo (De buses)

Fuente : Propia.

DIA	CATEGORIAS			TOTALES
	1	2-3-4-5	6-7-8-9-10-11	
	Autos	Buses	Camiones	
1	4	0	10	14
2	7	0	15	22
3	10	0	9	19
4	11	0	13	24
5	14	0	13	27
6	12	0	12	24
7	10	0	9	19
8	13	0	18	31
TOTALES	81	0	99	180
%	45%	0%	55%	100%

Cuadro 11: Conteos Realizados en Campo General

Fuente : Propia

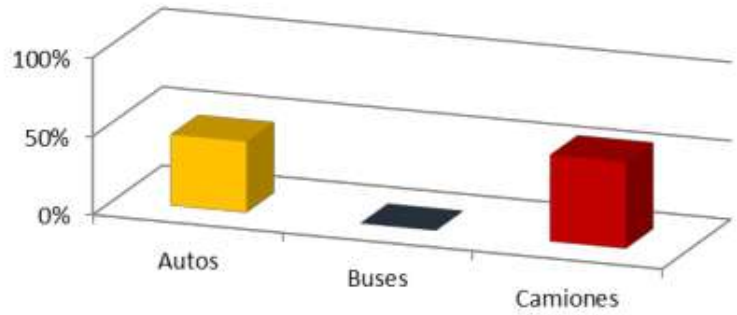


Imagen 2: Distribución del tránsito del sector en estudio

Fuente: Propia

4.5.1.1.1. Determinación del Transito Promedio Diario – TPD.

Los principales factores del tránsito que inciden en el diseño de un pavimento rígido son el número y la magnitud de las cargas por eje más pesadas, que se esperan en el carril de diseño durante el periodo de diseño. Estos valores se obtienen a partir de estimaciones de:

- Transito promedio diario en ambas direcciones (TPD) para el año del conteo.
- Transito promedio diario en ambas direcciones (TPD) para el año en que se dé al servicio la vía que para el presente diseño se tomara un tiempo de 5 años (incluye estudios, diseños, licitación y tiempo de construcción de la obra).
- Cargas por eje de los vehículos comerciales.

Para este estudio se realizó un conteo del tránsito en el sector, el cual arrojó los siguientes resultados del TPDS para el año del conteo vehicular (cuadro 12):

DIA	CATEGORIAS			TOTALES
	1	2-3-4-5	6-7-8-9-10-11	
	Autos	Buses	Camiones	
TPDs	10	0	12	22
%	45%	0%	55%	100%

Cuadro 12: Estimación del TPDS para año del conteo vehicular
Fuente: Propia

A continuación, se muestra el TPDS para año en puesta en servicio de la obra.

$$TPDsi = TPDso(1 + r)^i$$

TPDso = Transito promedio diario (i) del año del conteo.

r (%) = Tasa de crecimiento.

i(años) = Años transcurridos entre el año del aforo vehicular y el año de inicio de la operación (estudios, diseños, licitación y obra)

DIA	CATEGORIAS			TOTALES
	1	2-3-4-5	6-7-8-9-10-11	
	Autos	Buses	Camiones	
TPDs	10	0	12	22
%	45%	0%	55%	100%

Cuadro 13: Estimación del TPDS para el año de servicio de la obra
Fuente : Propia

Para calcular el transito futuro es necesario calcular ciertas variables como el TA (transito actual) y el IT (Incremento del tránsito), la ecuación para determinar el transito futuro es:

TF = TA + IT

El valor del **TA = 22**, y es necesario calcular el incremento de tránsito, el cual está compuesto por:

CNT (Crecimiento Normal del Transito) el cual es de más o menos del 3.70%

TG (Transito Generado).

TD (Transito debido a mejoras ó de desarrollo).

El cuadro 14. Registra el porcentaje de distribución del tráfico discriminando según el tipo de vehículo en autos, buses, camiones y estos a su vez subdividiéndolos en C 2P, C 2G, C3, C2S1, C3S2 y C3S3.

CAMIONES							
DIA	CATEGORIAS						TOTALES
	6	7	8	9	10	11	
	Camión C2P	Camión C2G	Camión C3	Camión C2S1 (antes C4)	Camión C3S2 (antes C5)	Camión C3S3 (antes >C5)	
TPDs	6	5	2	0	0	0	13
%	46%	38%	15%	0%	0%	0%	100%

Cuadro 14: Estimación del TPDS – camiones
Fuente: Propia

BUSES					
DIA	CATEGORIAS				TOTALES
	2	3	4	5	
	Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	
TPDs	0	0	0	0	0
%	0%	0%	0%	0%	0%

Cuadro 15: Estimación del TPDS – buses
Fuente : Propia

Cuadro No. 16. Composición del transito		
Tipo de Vehículo	% de Distribución	
Autos	45	
Buses	0	
Camiones	55	Composición
C2P	46,00	6,00
C2G	38,00	5,00
C3	15,00	2,00
C2S1	0,00	0,00
C3S2	0,00	0,00
C3S3	0,00	0,00

Cuadro 16: Composición del transito
Fuente : Propia

A continuación, se muestran los valores de TPD anual a 20 años:

Año	n	TPD
2026		22
2027		22
2028		22
2029		22
2030	0	22
2031	1	23
2032	2	24
2033	3	25
2034	4	26
2035	5	27
2036	6	29
2037	7	30
2038	8	31
2039	9	32
2040	10	34
2041	11	35
2042	12	37
2043	13	38
2044	14	40
2045	15	41
2046	16	43
2047	17	44
2048	18	46
2049	19	48
2050	20	49

Cuadro 17: Proyección del TPD
Fuente: Propia

Periodo de diseño = 20 años
Tasa de crecimiento = 3.70%

A continuación, se presenta un cuadro de referencia del Tránsito Promedio Diario (TPD) para vías urbanas y rurales, con clasificación por nivel de tránsito (bajo, medio y alto), incluyendo rangos típicos en vehículos/día y proporciones de vehículos pesados, sustentado en fuentes normativas usadas en Colombia.

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

Clasificación TPD para vías urbanas

Nivel de tránsito	TPD (veh/día)	Participación típica
Bajo	TPD < 1.000	Livianos 85–95% Pesados 5–15%
Medio	1.000 ≤ TPD ≤ 5.000	Livianos 80–90% Pesados 10–20%
Alto	TPD > 5.000	Livianos 70–85% Pesados 15–30%

Cuadro 18: Clasificación TPD para vías urbanas
Fuente: INVIAS y AAHSTO

Observaciones para vías urbanas:

- En sectores residenciales el tránsito pesado suele ser <10%.
- En vías colectoras o arterias urbanas el porcentaje de pesados puede superar el 15%.
- Para pavimento rígido, aun con TPD bajo, la presencia de camiones es determinante.

Clasificación TPD para vías rurales

Nivel de tránsito	TPD (veh/día)	Participación típica
Bajo	TPD < 400	Livianos 60–80% Pesados 20–40%
Medio	400 ≤ TPD ≤ 2.000	Livianos 55–70% Pesados 30–45%
Alto	TPD > 2.000	Livianos 50–65% Pesados 35–50%

Cuadro 19: Clasificación TPD para vías rurales
Fuente: INVIAS y AAHSTO

Observaciones para vías rurales:

- La fracción de vehículos pesados es significativamente mayor que en zonas urbanas.
- Un TPD "medio" rural puede ser estructuralmente más exigente que uno urbano alto.
- El diseño debe basarse en ejes equivalentes, no solo en TPD.

Clasificación TPD simplificada usada en estudios de tránsito

Nivel	TPD (veh/día)	Uso típico
Bajo	< 500	Vías locales / residenciales
Medio	500 – 3.000	Colectoras / secundarias
Alto	> 3.000	Arterias / corredores principales

Cuadro 20: Clasificación TPD simplificada usada en estudios de tránsito.
Fuente: INVIAS y AAHSTO

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

A continuación, se evaluará y clasificará el TPD con los datos obtenidos:

- TPD total = 22 veh/día
- Automóviles =10 veh/día (45%)
- Camiones = 12 veh/día (55%)
- Buses = 0 veh/día (0%)
- Jerarquía de la vía : Urbana local

Clasificación:
- Nivel de tránsito: MUY BAJO
- Condición estructural crítica por alta proporción de camiones
- Justifica plenamente el uso de pavimento rígido, incluso en vía urbana local.

4.3.2 Tránsito Atraído (TAt)

Para conocer el transito atraído, se recurre al conocimiento completo de las condiciones locales, de los orígenes y destinos vehiculares y del grado de atracción de todas las vialidades comprendidas. A su vez, la cantidad de tránsito atraído depende de la capacidad y de los volúmenes de las carreteras existentes, así, por ejemplo, si están saturadas o congestionadas, la atracción será mucho más grande. La estimación de esta variable se realizó a partir de los valores obtenidos en las encuestas, determinando la proporción de vehículos de transporte público de pasajeros y la proporción de vehículos de carga que modificarían la carretera una vez sea pavimentada.

Es considerado como el volumen de vehículos que se extrae de otras vías hacia una vía en estudio, éste debe ser analizado con relación a los beneficios que se originen por la puesta en marcha de una vía.

Es el que utilizará el proyecto, por las ventajas o beneficios que ofrece, y hoy hace uso de otra infraestructura. Esta componente se determina a través de encuestas de preferencia a usuarios y modelos de selección modal o de ruta.

Para conocer el transito atraído, se recurre al conocimiento completo de las condiciones locales, de los orígenes y destinos vehiculares y del grado de atracción de todas las vialidades comprendidas. A su vez, la cantidad de tránsito atraído depende de la capacidad y de los volúmenes de las carreteras existentes, así, por ejemplo, si están saturadas o congestionadas, la atracción será mucho más grande. La estimación de esta variable se realiza a partir de los valores obtenidos en las encuestas, determinando la proporción de vehículos de transporte público de pasajeros y la proporción de vehículos de carga que modificarían la carretera una vez sea pavimentada.

Debido a la ubicación de la vía terciaria del presente proyecto se considera que no se conecta con corredores viales de importancia superior en el cual su tráfico de circulación podrá en un momento determinado trasladarse a la vía a diseñar.

Por la categoría de la vía que para el presente estudio se considera como de tipo terciario, además de sus condiciones topográficas, productivas y del tránsito evaluado en los conteos, el presente criterio de cálculo de tránsito atraído se tomara en base a lo indicado en el Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito-INVIAS 2007:

- El análisis de la componente de tránsito atraído es más dispendioso y requiere de herramientas más refinadas para su cuantificación. Para iniciar la discusión de este tipo de análisis, se debe estar seguro de que el proyecto vial si ocasionará cambios en el comportamiento de los usuarios. Es decir, se deben allegar argumentos o indicios que hagan pensar que usuarios de otras carreteras e incluso de otros modos de transporte si van a ser uso de la nueva opción. Entre las razones que podrían hacer cambiar al usuario de ruta, se tienen:
  - ✓ Condiciones de operación más atractivas.
  - ✓ Recorridos más cortos, y ahorros en tiempos de viaje.
  - ✓ Disminución en los costos globales de transporte.
  - ✓ Mejoras en la seguridad de circulación.

El manual propone dos (2) métodos de cuantificación del tránsito atraído (TAt) como son:

a. Estudio de origen y destino.

Este método consiste en la aplicación de un estudio de origen y destino que permita establecer los flujos entre pares origen-destino, flujos básicos, que en forma potencial podrían utilizar el proyecto en el futuro. Los flujos básicos constituyen la demanda potencial para el proyecto, y con la aplicación de un porcentaje de desvío, se calcula la magnitud de la componente de tránsito desviado.

b. Estudio de utilización del proyecto por usuarios potenciales.

Este es el método más sencillo y utilizado. Se lleva a cabo a través de una encuesta a usuarios potenciales, es las que se indaga si hicieran uso o no del nuevo proyecto. A partir de la respuesta de los usuarios se estimaría un porcentaje del tránsito normal como el correspondiente a la componente de tránsito atraído.

Su cuantificación se podría realizar a través del análisis de las series de tránsito normal, en los términos señalados anteriormente, aplicando el porcentaje respectivo. Al respecto, y al no disponer de información más precisa, se puede aplicar el criterio del Instituto de Ingenieros de Estados Unidos que señala que el tránsito atraído se le asignan porcentajes entre el cinco (5) y el veinticinco por ciento (25%) del tránsito normal (transito existente – TE), con un período de aparición de uno o dos años después que la carretera ha sido abierta al servicio.

El tránsito atraído corresponde a viajes nuevos que:

- No existían antes del proyecto, y

- Se originan porque la vía:
- ✓ Mejora su jerarquía funcional
- ✓ Reduce tiempos de viaje de forma significativa
- ✓ Se convierte en corredor alterno o preferente
- ✓ Conecta polos de actividad (industrial, comercial, institucional)

A continuación, se muestra una evaluación técnica especifica del presente proyecto:

Criterio técnico	Condición del proyecto
Tipo de vía	Urbana local
Entorno	Residencial
Jerarquía	No arteria/ No colectora
Conectividad nueva	No
Cambio de función vial	No
Tránsito actual	Muy Bajo
Actividad generadora de viajes	No
Conexión regional	No
Presencia de industrias/comercio mayor	No

Cuadro 21: Evaluación técnica especifica para transito atraído.
Fuente: Propia

Nota : El proyecto NO cumple ninguna condición típica que genere tránsito atraído.

Tipo de vía	Transito Atraído típico
Vía urbana local	0%
Vía colectora	5%-10%
Vía arterial urbana	10%-20%
Corredor nuevo estratégico	> 20%

Cuadro 22: Valores de referencia para transito atraído.
Fuente: Propia

Este proyecto encaja claramente en la primera categoría, ósea para una vía urbana local tendrá un Transito Atraído del 0%. A continuación, se darán las justificaciones técnicas pertinentes:

a) La vía no cambia su función

- Continúa siendo una calle local
- No se transforma en eje estructurante del sistema vial urbano

b) No mejora conectividad estratégica

- No crea rutas más cortas hacia:

✓ Centros urbanos
✓ Zonas industriales
✓ Vías arteriales principales

c) El tráfico pesado no se "desvía" hacia esta vía

- El tránsito pesado evita zonas residenciales
- No existen incentivos para redireccionamiento de rutas

d) El crecimiento ya está considerado

- El aumento natural del tránsito se modela con:

✓ 4% anual de crecimiento
✓ 5% de tránsito desarrollado

Incluir tránsito atraído implicaría doble contabilización del crecimiento.

4.3.3. Incremento del Tránsito (IT)

Volumen de tránsito esperado en la nueva vía luego del mejoramiento, es decir desde el año 1. El incremento conjuga tres factores:

$$IT = TG+TD$$

TG= Transito Generado.
TD = Transito Desarrollado.

4.3.3.1. Tránsito Generado (TG)

El Tránsito Generado (TG) consta del volumen de tránsito que resulta como consecuencia del desarrollo económico y social de la nueva zona de influencia. El transito generado se compone de varias categorías: El Transito que por razón de la nueva carretera se generaría en vehículos particulares; y el tránsito trasladado, consistente en viajes previamente hechos a destinos completamente diferentes, atribuibles a la atracción de la nueva carretera y no al cambio en el uso del suelo.

El tránsito generado (TG) se refiere al incremento sensible de pasajeros, de bienes y servicios, desde y hacia, originado por las facilidades y comodidades en el transporte, una vez concluidos los trabajos de pavimentación de la carretera; es de esperarse por ser la zona de vocación comercial y habitacional, el desarrollo de todo su potencial que se verá reflejado en el aumento en el transporte de carga y de usuarios; situación que actualmente se encuentra deprimida en gran parte por el estado actual de la carretera (altos daños estructurales en la capa de rodadura y con bajas especificaciones técnicas).

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

El transito generado (TG) es un parámetro que se aplica por un periodo máximo de dos (2) años debido a que está compuesto en parte por usuarios totalmente nuevo, otra parte la conforman usuarios que antes de la mejora de la vía viajaban en otro tipo de transporte y ahora decidieron viajar en transporte particular y por último también lo conforman usuarios que quieren conocer, curusear.

El tránsito generado (TG) consta de aquellos viajes vehiculares, distintos a los del transporte público, que no realizan si no se construye la nueva vía.

El Tránsito Generado (TG) consta del volumen de tránsito que resulta como consecuencia del desarrollo económico y social de la nueva zona de influencia.

Es el que se origina por el proyecto mismo, debido a mejores condiciones de oferta. Generalmente se refiere al tránsito nuevo por efecto del desarrollo del área de influencia. Esta componente se determina a través del análisis socio-económico.

Es la componente del tránsito que se observa en una vía por el hecho de que exista como nueva o se mejore, induciendo la creación de viajes que anteriormente no se hacían, se realizaban a un destino diferente o por otro medio. Lo genera la propia vía y puede ser atribuido a cambios en el uso del suelo.

El Transito Generado (TG) es el volumen de tránsito generado por los viajes vehiculares, distintos a los del transporte público, que no se realizarían si no se construye la nueva carretera.

El Transito Generado (TG) se compone de varias categorías:

- El Transito que por razón de la nueva carretera se generaría en vehículos particulares.
- El tránsito trasladado, consistente en viajes previamente hechos a destinos completamente diferentes, atribuibles a la atracción de la nueva carretera y no al cambio en el uso del suelo.

Para estudios de tránsito vial, el tránsito generado (TG) se asocia a las siguientes razones técnicas:

- Cambios de uso del suelo
- Nuevos desarrollos urbanos
- Equipamientos, centros logísticos, industriales o comerciales
- Conectividad regional o jerarquía vial superior

A continuación, se muestra una evaluación técnica especifica del presente proyecto:

Criterio técnico	Condición del proyecto
Ubicación	Calle urbana dentro del casco urbano de Baranoa
Uso del suelo	Predominantemente residencial
Jerarquía vial	Vía urbana local

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Función	Acceso local, no corredor productivo
Conexión rural	No
Actividad agropecuaria	No se origina ni se canaliza por esta vía. Muy Bajo

Cuadro 23: Evaluación técnica específica para transito generado
Fuente: Propia

Por las características de la vía a diseñar, no se considerar evaluar el transito generado (TG) en base a una evaluación de indicadores de desarrollo productivo como son la producción agrícola y pecuaria. Las estadísticas agropecuarias municipales:

- Reflejan producción rural
- Se movilizan por vías rurales, terciarias o secundarias
- No representan generación de viajes sobre una calle urbana local

Utilizarlas conduciría a una sobreestimación del tránsito pesado, técnicamente injustificable y fácilmente objetable en revisión.

En este caso NO se calcula tránsito generado explícito.
Lo que corresponde es adoptar un tránsito desarrollado razonable, que ya contempla:

- Recuperación de tráfico reprimido
- Mejoras en condición superficial
- Aumento de confort y seguridad

Este proyecto encaja claramente para una vía urbana local y de acuerdo a las anteriores justificaciones tendrá un Transito Generado del 0%.

4.3.3.2. Tránsito Desarrollado (TD)

Es el incremento del tránsito debido a las mejoras del suelo adyacente a la carretera. A diferencia del Tránsito Generado, este continúa actuando por muchos años, después de ser puesta en funcionamiento.

A continuación, se muestran las siguientes variables de justificaciones técnicas:

- El TPD total es muy bajo
- Predomina tránsito local, no de paso.
- El sector es mayoritariamente residencial, sin:
  - ✓ Zonas industriales
  - ✓ Centros logísticos
  - ✓ Corredores de carga regional.
- La vía no hace parte de la red arterial ni primaria.

A continuación, se muestra una evaluación técnica especifica del presente proyecto:

Criterio técnico	Condición del proyecto

Tipo de vía	Urbana local
Entorno	Residencial
Jerarquía	No arteria/ No colectora
Conectividad nueva	No
Atracción de carga	No
Cambio de función vial	No
Función	Acceso local
Tránsito actual	Muy Bajo
Crecimiento demográfico	Muy bajo
Actividad generadora de viajes	No
Conexión regional	No
Presencia de industrias/comercio mayor	No

Cuadro 24: Evaluación técnica específica para transito desarrollado.
Fuente: Propia

A continuación, se muestran valores de referencia del tránsito desarrollado (TD)

Tipo de vía	Transito Desarrollado típico
Vía urbana local	5%-10%
Vía colectora	5%-10%
Vía arterial urbana	15%-25%
Corredor nuevo estratégico	15%-25%
Conexión a zonas industriales	15%-25%

Cuadro 25: Valores de referencia para transito desarrollado.
Fuente: Propia

Este proyecto encaja claramente en la primera categoría. Por lo anterior se tomará un valor de transito desarrollado (TD) del 5.0%.

Se tomaría un valor de TD Máximo del 10% solo si el municipio prevé consolidación urbana en el sector.

A continuación, se darán las justificaciones técnicas que soportan la escogencia de un TD dl 5.0%:

- No se espera atracción de tránsito pesado nuevo.
- La vía no cambia su función (sigue siendo local).
- El crecimiento ya está incorporado con la tasa del **3.70% anual.**
- El pavimento rígido tolera mejores variaciones marginales de carga.

4.3.4. Otros tránsitos.

4.3.4.1. Transito generado durante la construcción de la obra (TGC)

Asumimos que durante la etapa de construcción van a pasar los siguientes vehículos comerciales: C2G , C2P y C3.

Tipo		TPD camiones	FD	Ejes Equivalentes
Camiones de dos ejes grandes	C2G	3	3.83	11.49
Camiones de dos ejes pequeños	C2P	5	0.30	1.50
Camiones de tres ejes grandes	C3	5	5.02	25.10
TOTAL		**13**		**38.09**

Cuadro 26: Valores para calculo del factor de daño ponderado
Fuente: Propia

Calculamos el Factor Daño Ponderado (FD ponderado).

FD ponderado =	**2.93**

Tiempo de ejecución de la obra = 2 meses
Tiempo de ejecución de la obra = 0.17 años

Tgc=	**2,318.00**

4.4. CARGAS POR EJE Y VEHICULOS

Siguiendo los lineamientos regulativos de la clasificación del tipo de vehículos por peso y por ejes, la Resolución 4100 de 2004, expedida por el Ministerio de Transporte, dictamina la siguiente clasificación:

TIPO A

En esta categoría se agrupan los automóviles, camperos, camionetas, y microbuses, según la clasificación del Instituto Nacional de Vías -INVIAS- este grupo se denomina con la letra A.

TIPO B

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

En esta categoría se agrupan las busetas y los buses, según el INVIAS, este grupo se denomina con la letra B.

TIPO C

Este grupo, que se designa con la letra C, según lo registrado en la Resolución 4100 del 2004, en que los vehículos de carga se designan de acuerdo con la configuración de sus ejes de la siguiente manera:

A. Con el primer dígito se designa el número de ejes del camión o del tractocamión (Cabezote)

B. La letra S significa semiremolque y el dígito inmediato indica el número de sus ejes

C. La letra R emirremolquemolque y el dígito inmediato indica el número de sus ejes

D. La letra B significa remolque balanceado y el dígito inmediato indica el número de sus ejes

La diferencia entre el semiremolque y el remolque radica en que el primero le trasmite parte de la ca emirremolquedad tractora y el segundo transmite toda la carga al pavimento a través de sus propias llantas.

La designación para los vehículos de transporte de carga en el territorio nacional, de acuerdo con la configuración de sus ejes, se muestra en el cuadro 27 y 28.

DESIGNACION	CONFIGURACION	DESCRIPCION
2P		Camión de dos ejes simples. Camión sencillo. Son seis llantas.
2G		Camión de dos ejes simples. Camión sencillo. Son seis llantas.
3		Camión rígido de dos ejes: un eje simple más un eje tándem. Son diez llantas.
2S1		Tractocamión de dos ejes simples y un semirremolque con un eje simple. Son diez llantas.

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

3S2		Tractocamión de dos ejes: un eje simple más un eje tándem y un semirremolque con un eje con un eje tándem. Son dieciocho llantas.
3S3		Tractocamión de dos ejes: un eje simple más un eje tándem y un semirremolque con un eje con un eje trídem. Son veintidós llantas.

Cuadro 27. Representación esquemática de los vehículos de cargas más comunes en el país
Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con medios y altos volúmenes de tránsito 2015 – INVIAS

TIPO	DETALLE DEL VEHICULO	
Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)		
Configuración del sistema de ejes	SRS (2 ruedas)	SRD (4 ruedas)
Rango de cargas (T)	2.00 a 3.00	3.50 a 5.50
Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)		
Configuración del sistema de ejes	SRS (2 ruedas)	SRD (4 ruedas)
Rango de cargas (T)	2.50 a 3.50	5.50 a 7.50
Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)		
Configuración del sistema de ejes	SRS (2 ruedas)	SRD (4 ruedas)
Rango de cargas (T)	4.00 a 5.00	8.00 a 9.50

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)		
Configuración del sistema de ejes	SRS (2 ruedas)	Tandem (8 ruedas)
Rango de cargas (T)	6.00 a 7.00	11.50 a 13.50

TIPO	**DETALLE DEL VEHICULO**	
2P		
Configuración del sistema de ejes	SRS (2 ruedas)	SRD (4 ruedas)
Rango de cargas (T)	2.00 a 2.50	3.50 a 6.00
2G		
Configuración del sistema de ejes	SRS (2 ruedas)	SRD (4 ruedas)
Rango de cargas (T)	6.00	11.00
3		
Configuración del sistema de ejes	SRS (2 ruedas)	Tandem (8 ruedas)
Rango de cargas (T)	6.00	22.00

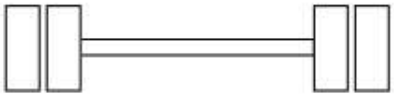
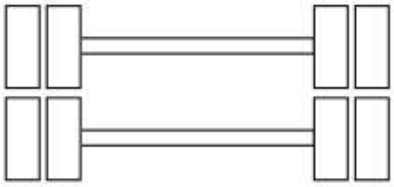
TIPO	**DETALLE DEL VEHICULO**		
2S1			
Configuración del sistema de ejes	SRS (2 ruedas)	SRD (4 ruedas)	SRD (4 ruedas)
Rango de cargas (T)	6.00	10.50	10.50

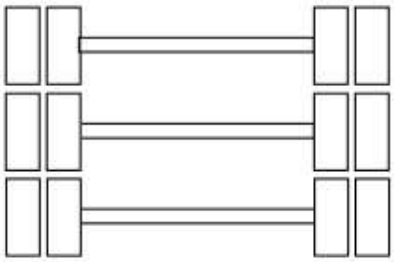
Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

3S2			
Configuración del sistema de ejes	SRS (2 ruedas)	Tandem (8 ruedas)	Tandem (8 ruedas)
Rango de cargas (T)	6.00	21.00	21.00
3S3			
Configuración del sistema de ejes	SRS (2 ruedas)	Tandem (8 ruedas)	Tridem (12 ruedas)
Rango de cargas (T)	6.00	22.00	24.00

Cuadro 27. Representación esquemática de los vehículos de cargas más comunes en el país
Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con medios y altos volúmenes de tránsito 2015 – INVIAS

Los vehículos trasmiten al pavimento las cargas a través de las llantas, las cuales están dispuestas en líneas de rotación llamadas ejes, los cuales se clasifican en ejes simples, tándem o trídem, a su vez cada eje puede ser de llantas sencillas, dobles o mixtos. En el cuadro 28 se ilustran los diferentes tipos de ejes y la carga máxima permitida, según se explica en el numeral siguiente.

DESCRIPCION	CONFIGURACION	PESO t
EJE SIMPLE DIRECCIONAL		6.0
EJE SIMPLE LLANTA DOBLE		11.0
EJE TANDEM LLANTA DOBLE		22.0

EJE TRIDEM LLANTA DOBLE		24,0

Cuadro 28: Esquematización de los diferentes tipos de ejes y su carga máxima
Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con medios y altos volúmenes de tránsito 2015– INVIAS

4.4.1. COMPARACION DE CARGAS POR EJES PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS.

A continuación, a manera de guía e información, se citarán las consideraciones técnicas registradas en el libro "Pavimentos asfalticos de carreteras – guía práctica para los estudios y diseños" de autoría por Fernando Sánchez Sabogal y Sandra Campagnoli Martínez.

- El cuadro 29 resume los rangos encontrados en la literatura técnica consultada e incluye las cargas que se recomienda utilizar para el diseño de pavimentos asfalticos de las carreteras nacionales. Se puede apreciar que las cargas de la referencia recomendadas internacionalmente en la actualidad para los sistemas de ejes y de rodado difieren de las incluidas en la edición de 1.998 del Manual de diseño de pavimentos asfalticos del Instituto Nacional de Vías, las cuales se muestran en el cuadro 8.

- El cambio de magnitudes de los ejes de referencia se considera necesario si se tiene en cuenta que las que han estado vigentes se basan, fundamentalmente, en las establecidas por la AASHO bajo el concepto de falla por "calidad del servicio" hace más de 50 años y que infinidad de estudios posteriores han demostrado que las cargas por ejes equivalentes al eje simple de rueda doble de 80 Kn deben ser inferiores a las que se han venido utilizando, considerando las características actuales del parque automotor de carga, así como otros criterio de falla comunes, en especial el agrietamiento de las capas asfálticas, máxime si se tiene en cuenta que la presión de inflado de los neumáticos y, consecuentemente, la presión de contacto de ellos con el pavimento, han sufrido incrementos considerables durante el transcurso del último medio siglo. Mantener los valores del manual de 1.998 equivale a subvalolar el efecto agresivo del tránsito, cuyas consecuencias practica no es otra que el infradiseño de las estructuras de pavimento.

Eje	Rodado	Rango hallado		Valor recomendado	
		Kn	t	Kn	t
Simple	Sencillo	44-75	4.5-7.6	61	6.2
	Sencillo banda ancha	58-78	5.9-8.0	74	7.5
	Doble	80	8.2	80	8.2

Tándem	Doble	134-148	13.7-15.1	141	14.5
Triple	Doble	181-225	18.5-23.0	191	19.5
Cuádruple	Doble	221	22.5	221	22.5

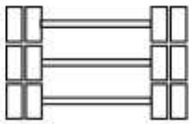
Cuadro 29: Rango de cargas de referencia por ejes y valores que se recomiendan para el diseño de pavimentos asfalticos de carreteras
Fuente: Pavimentos asfalticos de carreteras- Fernando Sánchez Sabogal – Sandra Campagnoli Martínez

Tipo de eje	Carga de referencia	
	Kn	t
Simple de rueda simple	65	6.6
Simple de rueda doble	80	8.2
Tándem de rueda doble	146	15.0
Triple de rueda doble	225	23.0

Cuadro 30: Cargas por ejes de referencia adoptadas por INVIAS según Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de transito – 1.998
Fuente: Pavimentos asfalticos de carreteras- Fernando Sánchez Sabogal – Sandra Campagnoli Martínez

A continuación, se muestra un cuadro comparativo entre las cargas por ejes de INVIAS 1998, INVIAS 2007 y las propuestas por Fernando Sánchez Sabogal – Sandra Campagnoli Martínez, 2.016.

Tipo de ejes	Configuración	INVIAS 1.998 (1)		INVIAS 2.007 (2)		Fernando Sánchez Sabogal – Sandra Campagnoli Martínez, 2.016 (3)	
		Kn	t	Kn	t	Kn	t
Eje simple direccional		65	6.6	59.1	6.0	61	6.2
Eje simple llanta doble		80	8.2	107.3	11.0	80	8.2

Eje tándem llanta doble		146	15.0	212.7	22.0	141	14.5
Eje tricen llanta doble		225	23.0	234.8	24.0	191	19.5

Cuadro 31: Cuadro comparativo de cargas por
Fuente: Propia
(1): Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito – 1.998
(2): Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con bajos volúmenes de tránsito – 2.007
(3): Pavimentos asfalticos de carreteras- Fernando Sánchez Sabogal – Sandra Campagnoli Martínez. 2.016

4.5 CALCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES

La estimación del tránsito sobre una carretera es posiblemente una de las variables más importante en el diseño de un proyecto vial, debido a que el volumen y dimensiones del mismo son fundamentales en el diseño geométrico y el número y pesos de los ejes son fundamentales en el cálculo de la estructura de pavimento.

Para el presente estudio se definirá el tránsito de diseño como el número de ejes que pasan por el carril de diseño durante el periodo de diseño, clasificado por tipo y carga por eje. Para determinarlo, se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Las tasas de crecimiento del tránsito.
- Los factores de distribución del tránsito.
- La distribución de pesos por cada 1.000 vehículos comerciales.

Los principales factores del tránsito que inciden en el diseño de un pavimento rígido son el número y la magnitud de las cargas por eje más pesadas, que se esperan en el carril de diseño durante el periodo de diseño. Estos valores se obtienen a partir de estimaciones de:

- Transito promedio diario en ambas direcciones (TPD).
- Cargas por eje de los vehículos comerciales.

4.5.1. Estimación del tránsito y de las cargas de diseño.

La información del tránsito obtenida corresponde a un aforo vehicular en el cual se determinó el transito promedio diario y composición vehicular; se requiere pasar este tránsito a tipos de ejes de diferentes configuraciones discriminados por la magnitud de su

carga. En los cuadros 32 y 33 se presenta la distribución de las cargas y la distribución de los ejes de los vehículos comerciales respectivamente.

Configuración de las cargas de los vehículos comerciales										
Tipo de vehículo	Carga total		Eje simple direccional		Eje simple doble		Eje tándem		Eje trídem	
	Tonelada	Kn	(SD)		(SD)		(TAN)		(TRID)	
			Tonelada	Kn	Tonelada	Kn	Tonelada	Kn	Tonelada	Kn
Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	8.50	83.30	3.00	29.40	5.50	53.90				
Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	11.00	107.80	3.50	34.30	7.50	73.50				
Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	14.50	142.10	5.00	49.00	9.50	93.10				
Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	7.00	68.60	7.00	68.60			13.50	132.30		
Camión C2P	8.50	83.30	2.50	24.50	6.00	58.80				
Camión C2G	17.00	166.60	6.00	58.80	11.00	107.80				
Camión C3	28.00	274.40	6.00	58.80			22.00	215.60		
Camión C2S1 (antes C4)	27.00	264.60	6.00	58.80	10.50	102.90				
					10.50	102.90				
Camión C3S2 (antes C5)	48.00	470.40	6.00	58.80			21.00	205.80		
							21.00	205.80		
Camión C3S3 (antes >C5)	52.00	509.60	6.00	58.80			22.00	215.60	24.00	235.20

Cuadro 32: Configuración de las cargas de los vehículos comerciales.
Fuente: Propia

Distribución de los ejes por tipo de vehículo			
	Eje simple	Eje tándem	Eje trídem
Tipo de vehículo	%	%	%
Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	100.00		
Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	100.00		
Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	100.00		
Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	50.00	50.00	
Camión C2P	100.00		
Camión C2G	100.00		
Camión C3	50.00	50.00	
Camión C2S1 (antes C4)			

Camión C3S2 (antes C5)	33.00	67.00	
Camión C3S2 (antes C5)	33.00	33.00	33.00

Cuadro 33: Distribución de los ejes por tipo de vehículo.
Fuente: Propia

4.5.2. Cálculo del número de vehículos comerciales diarios en el carril de diseño.

Distribución del número de los vehículos comerciales diarios en el carril de diseño por el tipo de vehículos				
Tipo de vehículo	TPDS vehículos	Porcentaje vehículo	Porcentaje de vehículos comerciales	Numero de ejes comerciales por día/carril
	1	2	3	(1)x(2)/100x(3)/100*Fd*Fca
Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	22.00	0%	0%	0.00
Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	22.00	0%	0%	0.00
Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	22.00	0%	0%	0.00
Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	22.00	0%	0%	0.00
Camión C2P	22.00	46%	55%	2.49
Camión C2G	22.00	38%	55%	2.08
Camión C3	22.00	15%	55%	0.83
Camión C2S1 (antes C4)	22.00	0%	55%	0.00
Camión C3S2 (antes C5)	22.00	0%	55%	0.00
Camión C3S3 (antes >C5)	22.00	0%	55%	0.00
				5.40

Cuadro 34: Distribución del número de los vehículos comerciales diarios en el carril de diseño por el tipo de vehículos.
Fuente: Propia

A continuación, se describen los conceptos de las siguientes variables de diseño.

Distribución direccional (Fd):

En la mayoría de los casos de diseño, se asume que las cargas y volúmenes de los vehículos pesados se distribuyen equitativamente en cada dirección (Fd= 0,5). Esto no es aplicable en algunos casos especiales, en donde la mayoría de los vehículos pesados viajan con carga completa en una dirección y retornan vacíos. En estos casos es conveniente realizar ajustes necesarios y tomar el sentido con mayor tránsito.

El factor de distribución direccional (Fd), corresponde a la distribución porcentual de los vehículos comerciales en cada sentido de circulación, obtenidos de los resultados de un conteo o por observación directa en el campo. Generalmente en el país se asume un 50% en cada sentido, sin embargo, en algunos casos la distribución puede variar según las condiciones de tránsito particulares de una vía.

La distribución direccional se emplea para diferenciar las vialidades de un sentido de las de doble sentido, de manera que para vialidades en doble sentido se utiliza una distribución direccional de sentido de 0.5 y para vialidades en un solo sentido un factor de 1.0, ósea Fd = 1.0 si toda la calzada tiene un UNICO sentido.

Ancho calzada	Fd
< 5m	1.00
≥ 5m y < 6m	0.75
≥ 6m	0.50

Cuadro 35: Calculo del Factor Direccional - Fd
Fuente: Propia

Fd= Factor direccional que indica la proporción de vehículos que viajaran en cada sentido, por ejemplo, que en un sentido viaja un 40% y en el otro un 60%.

Para el caso del presente diseño que corresponde a una vía tipo urbana con ancho de calzada de 6.00m, lo que en términos de diseño geométrico lo clasifica como una vía media para una circulación en ambos sentidos.

Por las anteriores consideraciones se tomará un Fd = 0.50

Distribución por carril (Fca)

Después de afectar el tránsito por el factor de distribución por sentido, también debemos de analizar el número de carriles por sentido mediante la distribución por carril. La distribución por carril nos va a dar el porcentaje de vehículos que circulan por el carril de la derecha, que es el carril con más tráfico. Para esto, la PCA recomienda emplear la figura de abajo en donde este factor depende del número de carriles por sentido ó dirección del tráfico y del tránsito promedio diario anual en un solo sentido, obtenido utilizando la imagen 3.

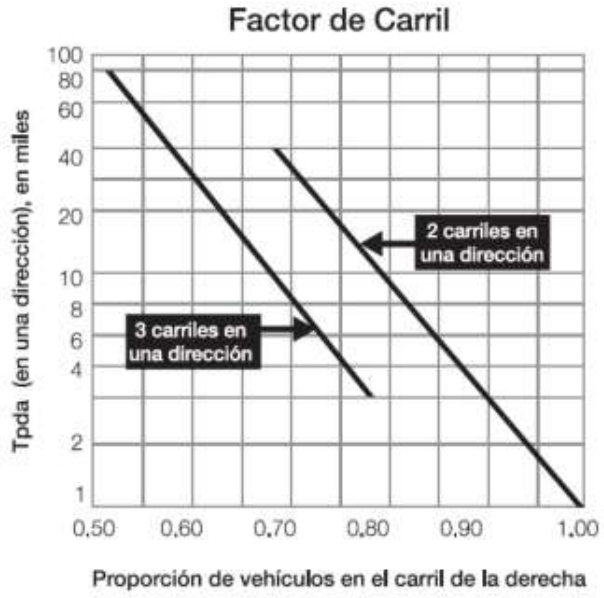


Imagen 3: Porcentaje de vehículos pesados en el carril derecho de una carretera multicarril con separador
Fuente: Portland Cement Association - PCA

En las carreteras de dos direcciones, la asignación del tránsito para el carril de diseño dependerá del ancho de la vía así:

- Para vías estrechas la totalidad del tránsito.
- Para vías de ancho medio el 75% y
- Para vías anchas el 50%

Clasificación según ancho de la vía	
Tipo	**Descripción**
Estrechas - E	Son aquellas en las cuales la sección por donde circulan los vehículos tiene un ancho inferior a los 5 m. Se denominan con la sigla E.
Medias - M	En esta categoría se encuentran las vías en las que los vehículos circulan por una sección con un ancho que va de 5 a 6 m. Se denominan con la sigla M.
Anchas -A	Son aquellas vías que pueden tener más de dos carriles y cada uno de ellos tienen más de 3.5 m de ancho. Se denominan con la sigla A.

Cuadro 36: Clasificación según ancho de la vía.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008

Número total de carriles en cada dirección	Fc (AASHTO 2002)
1	1.00
2	0.90
3	0.60
4 o mas	0.45

Cuadro 37: Calculo del Fc
Fuente: AASHTO 2002

Fc= Factor carril, depende del número de carriles por sentido

Para el caso del presente diseño que corresponde a una vía tipo con ancho de calzada de 6.00m, lo que en términos de diseño geométrico lo clasifica como una vía media (M) con un número total de carriles en cada dirección de 2.

Por las anteriores consideraciones se tomará un Fc = 0.90

4.5.3. Proyección del tránsito de vehículos comerciales en el carril de diseño durante el periodo de diseño.

NVC = 365 x TPDo x %Vc x Fd x Fca x Fp

NVC= Numero de vehículos comerciales en el carril de diseño durante el periodo de diseño

TPDo = Transito Promedio Diario

% Vc= Porcentaje de vehículos comerciales

Fd= Factor de distribución por sentido

Fca= Factor de distribución por carril

Fp= Factor de proyección

Remplazando valores, tenemos:

4.5.3.1. Transito Promedio Diario Semanal (TPDs)

TPDs=	22

4.5.3.2. Porcentaje de vehículos pesados (comerciales) en el carril de diseño

%Vc=	55%

4.5.3.3. Factor de distribución por sentido

Fd=	0.50

4.5.3.4. Factor de distribución por carril

Fca=	0.90

4.5.3.5. Factor de Proyección

r=	Rata de crecimiento	3.70%
n=	Perdido de diseño	20

$$Fp = \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)}$$

FP =	29.40

$$FP = \frac{(1+r)^n - 1}{\log(1+r)}$$

FP =	67.69

Nota : Se recomienda utilizar el log10 porque con ln dan valores muy bajos.

4.5.3.6. Calculamos el Numero de Ejes Equivalentes durante el periodo de Diseño

NVC=	133,424	vehículos comerciales/carril

Clasificación de la carretera	Nivel de confiabilidad recomendada	
	Urbana	Rural
Autopista interestatal	85-99.9	80-99.9
Arteria o carretera principal	80-99	75-95
Vías colectoras	80-95	75-95
Vías locales	50-80	50-80

Confiabilidad	Zr
70%	0.524
75%	0.674
80%	0.824
85%	1.036
90%	1.282
95%	1.645
96%	1.751
97%	1.881
98%	2.055

99%	2.328

Tipo de vía:	Urbana Local
Confiabilidad:	80%
Zr =	0.824

$$VD = NVC \; x \; 10^{0.05 \; x \; Zr}$$

VD=	146,702	vehículos comerciales/carril

4.5.4. Distribución de los vehículos comerciales por día/carril de diseño y por cada 1000 vehículos comerciales

Distribución de los ejes por tipo de vehículo		
Tipo de vehículo	Numero de vehículos comerciales por día/ carril	Numero de vehículos comerciales día/carril por cada 1000 VC
Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	0.00	0.00
Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	0.00	0.00
Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	0.00	0.00
Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	0.00	0.00
Camión C2P	2.49	461.54
Camión C2G	2.08	384.62
Camión C3	0.83	153.85
Camión C2S1 (antes C4)	0.00	0.00
Camión C3S2 (antes C5)	0.00	0.00
Camión C3S3 (antes >C5)	0.00	0.00
TOTAL	5.40	1,000.00

Cuadro 38: Distribución de los ejes por tipo de vehículo
Fuente: Propia.

4.5.5. Numero de ejes esperados por cada 1000 vehículos comerciales.

Numero de ejes esperados por cada 1000 vehículos comerciales					
Tipo de vehículo	Numero de VC/dia/carril por cada 1000VC	Numero de ejes por cada 1000 vehículos comerciales			
		Eje simple	Eje simple doble	Eje tándem	Eje trídem
Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	0	0	0		
Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	0	0	0		
Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	0	0	0		
Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	0	0		0	
Camión C2P	462	462	462		
Camión C2G	385	385	385		
Camión C3	154	154		154	
Camión C2S1 (antes C4)	0	0	0		
Camión C3S2 (antes C5)	0	0		0	
Camión C3S3 (antes >C5)	0	0		0	0
TOTAL	1,000	1,000	846	154	0

Cuadro 39: Numero de ejes esperados por cada 1000 vehículos comerciales.
Fuente: Propia.

4.5.6. Distribución del número de ejes por cada 1000 vehículos comerciales por carga y tipo de eje.

Cargas		Ejes por cada 1000 VC	Numero de ejes en el carril de diseño/periodo de diseño	Numero de ejes equivalentes de 8.2 t en el carril de diseño/periodo de diseño
Tonelada	Kn			
Ejes Simple direccional				
3.00	29.40	0	0.00	0.00
3.50	34.30	0	0.00	0.00
5.00	49.00	0	0.00	0.00
7.00	68.60	0	0.00	0.00
2.50	24.50	462	67,708.62	1,882.36

6.00	58.80	385	56,423.85	52,043.56
6.00	58.80	154	22,569.54	20,817.42
6.00	58.80	0	0.00	0.00
6.00	58.80	0	0.00	0.00
6.00	58.80	0	0.00	0.00
TOTAL		**1,000**	**146,702.00**	**74,743.35**
Ejes simple doble				
5.50	53.90	0	0.00	0.00
7.50	73.50	0	0.00	0.00
9.50	93.10	0	0.00	0.00
6.00	58.80	462	67,708.62	15,318.39
11.00	107.80	385	56,423.85	195,262.27
10.50	102.90	0	0.00	0.00
10.50	102.90	0	0.00	0.00
TOTAL		**846**	**124,132.46**	**210,580.66**
Ejes Tándem				
13.50	132.30	0	0.00	0.00
22.00	215.60	154	22,569.54	176,401.95
21.00	205.80	0	0.00	0.00
21.00	205.80	0	0.00	0.00
22.00	215.60	0	0.00	0.00
TOTAL		**154**	**22,570.00**	**176,401.95**
Ejes Trídem				
24.00	235.20	0	0.00	0.00
TOTAL		**0**	**0.00**	**0.00**
TOTAL		**2,000**	**293,405.00**	**461,725.96**

Cuadro 40: Distribución del número de ejes por cada 1000 vehículos comerciales por carga y tipo de eje.
Fuente: Propia.

En el caso de que no se tengan suficientes, y confiables, datos de representación del tránsito actual y proyectado, se puede recurrir al cuadro mostrado a continuación, en la que se hace una aproximación ponderada de los valores para el exponencial "n", dependiendo del tipo de eje, para un índice de servicio final de 2,5. Este valor es aplicable solo para los pavimentos de concreto.

Eje	Direccional	Sencillo de llanta doble	Tándem	Trídem
Carga patrón (kN)	60.00	81.81	132.14	184.00
Exponencial	4.00	4.50	4.20	4.30

Cuadro No. 41: Cargas patrón y exponenciales para el cálculo del Factor de equivalencia.
Fuente : Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008

Ejes normales sin exceso de carga	
Tipo de ejes	Numero de ejes equivalentes de 8.2 t en el carril de diseño/periodo de diseño
Eje sencillo	74,743
Eje sencillo dual	210,581
Eje Tándem	176,402
Eje Trídem	0.00
Total	**461,726**

Cuadro No. 42: Cargas patrón y exponenciales para el cálculo del Factor de equivalencia.
Fuente : Propia

Ejes Normales (Trafico Existente) = 461,726 ejes equivalentes de 8.2 t en el carril de diseño/ periodo de diseño.

Para el presente diseño por las características topográficas, geométricas, ambientales y urbanísticas de la vía no se considerará el cálculo de Ejes normales equivalentes de 8.2 toneladas por exceso de carga. A continuación, se darán las respectivas justificaciones técnicas:

- El TPD total es muy bajo:
✓ Automóviles: 10 veh/día
✓ Camiones: 12 veh/día
✓ Buses: 0
- Predomina tránsito local, no de paso.
- El sector es mayoritariamente residencial, sin:
✓ Zonas industriales
✓ Centros logísticos
✓ Corredores de carga regional
- La vía no hace parte de la red arterial ni primaria.

El sobrepeso NO se introduce como un factor adicional en vías urbanas locales, salvo que exista evidencia clara de tránsito pesado sistemático (canteras, puertos, industrias, etc.).

4.5.7. Otros tránsitos.

Cálculo del tránsito atraído (Tat)

Tat=	0

m= 0% Se estipulo un 0%

Cálculo del tránsito generado (Tg)

Tg=	0

m= 0% Se estipulo un 0%

Cálculo del tránsito desarrollado (Td)

Td=	23,087

m= 6% Se estipula entre un 5% y 8%

Cálculo del tránsito generado durante la construcción (Tgc)

Asumimos que durante la etapa de construcción van a pasar los siguientes vehículos comerciales:
C2G , C2P y C3

Tipo		TPD camiones	FD	Ejes Equivalentes
Camiones de dos ejes grandes	C2G	3	3.83	11.49
Camiones de dos ejes pequeños	C2P	5	0.30	1.50
Camiones de tres ejes grandes	C3	5	5.02	25.10
TOTAL		**13**		**38.09**

Calculamos el Factor Daño Ponderado (FD ponderado)

FD ponderado =	2.93

Asumiremos un tiempo entre los diseños y la construcción

Tiempo de ejecución de la obra = 2 meses
Tiempo de ejecución de la obra = 0.17 años

Tdc=	0.17	años

Tgc=	2,318

4.5.8. Calculo del Número de Ejes Equivalentes

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

N 80 KN carril de diseño, total = (N normal + Natraido + Ngenerado + Ngenerado constr) 80kN carril de diseño

Tipo	Valor
Ejes normales	461,725.96
Ejes por tráfico generado	0.00
Ejes por transito desarrollado	23,087.00
Ejes por tráfico atraído	0.00
Ejes durante la construcción	2,318.00
TOTAL CARGAS POR EJES	487,130.96

N 80 KN carril de diseño, total =		487,131	ejes 80 kN/ carril de diseño/ periodo de diseño

Tomaremos los valores de Nivel de Transito referenciados en el Articulo INV 100 -2022



Tabla 100 – 1. Niveles de Tránsito

Nivel de tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño (N_{80kN}) (millones)
NT1	$N_{80kN} \leq 0,5$
NT2	$0,5 < N_{80kN} \leq 5,0$
NT3	$N_{80kN} > 5,0$

Cuadro 43 : Articulo 100 -22 , Niveles de Transito
Fuente: INVIAS

Para un valor de Numero de Ejes equivalentes de 8,2 ton = **487,131** se clasifica de acuerdo con el cuadro 23 como un **NT1**.

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

CONCLUSIONES

CAPÍTULO 4 - ESTUDIO DE TRANSITO

- El aforo para conteo de vehículos se realizó en la zona urbana. El horario de los conteos se hizo durante ocho (8) días en un tiempo comprendido entre las 8:00 a.m hasta las 6: 00 p.m y fue ubicado la zona de aforo en la intersección de la calle 20A con carrera 13. Se tomó este sector para el aforo porque se considera como un sitio estratégico de la movilidad vehicular a estudiar y proyectar en las vías a diseñar.
- Los valores de TPDs se muestran a continuación:

DIA	CATEGORIAS			TOTALES
	1	2-3-4-5	6-7-8-9-10-11	
	Autos	Buses	Camiones	
TPDs	10	0	12	22
%	45%	0%	55%	100%

- Como factores de proyección se tomó un periodo de diseño de 20 años y una tasa de crecimiento del 3.70%
- El Numero de Ejes Equivalentes Acumulados de 8,2 toneladas arrojo un valor de **487,131** ejes equivalentes de 8,2ton/carril de diseño/ periodo de diseño.
- Tomaremos los valores de Nivel de Transito referenciados en el Articulo INV 100 - 2022

Tabla 100 – 1. Niveles de Tránsito

Nivel de tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño (N_{80kN}) (millones)
NT1	$N_{80kN} \leq 0,5$
NT2	$0,5 < N_{80kN} \leq 5,0$
NT3	$N_{80kN} > 5,0$

Cuadro : Articulo 100 -13 , Niveles de Transito
Fuente: INVIAS

- Para un valor de Numero de Ejes equivalentes de 8,2 ton = **487,131,** se clasifica de acuerdo con el cuadro anterior como un **NT1.**



RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 4 - ESTUDIO DE TRANSITO

- Es importante el presente documento tiene una serie de limitaciones, como son: El tránsito atraído, que se tomó una información de campo en un periodo donde no se puede asumir con exactitud si el comportamiento real de esta vía. Además, no es posible saber si el interventor lleve a cabo los controles necesarios en la ejecución del proyecto.
- Para un valor de Numero de Ejes equivalentes de 8,2 ton = **487,131** se clasifica de acuerdo al cuadro anterior como un NT1 que para fines prácticos se clasifica como una (s) vía (s) de **Bajo** flujo vehicular por lo que aun así es recomendable que se consideren sistemas de señalización permanente tipo horizontal y vertical según Manual de Señalización Vial expedido por el Ministerio de Transporte de Colombia – año 2022 que permitan generar zonas de seguridad y confort a los vehículos y peatones que hagan uso.
- El ente territorial debe de implementar programas de control a vehículos con excesos de cargas ya que estos en un determinado momento podrán afectar la durabilidad del pavimento.

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en ingeniería de pavimentos
Mat No 082027368-7 ATL

CAPITULO 5

DISEÑO ESTRUCTURAL

5.1. INTRODUCCION

En el presente capítulo se determinará la estructura que requiere el proyecto para su mejoramiento y pavimentación, donde se garantizará que la mezcla de concreto hidráulico para pavimentos presente las siguientes características:

- Garantizar una durabilidad satisfactoria dentro de las condiciones de requerimiento del Pavimento.
- Asegurar la resistencia deseada a la flexión.

La flexión en los pavimentos de concreto hidráulico, bajo las cargas aplicadas por los neumáticos producen esfuerzos de comprensión y tensión. Los esfuerzos de compresión son pequeños con relación a la resistencia de la misma, y sin mayor incidencia en el espesor de la losa.

Por lo tanto, el concreto hidráulico que se utiliza en los pavimentos se especifica por su resistencia a la flexión, medida por el Módulo de Rotura a Flexión, a los 28 días. (MR) expresada en kg/cm2 y generalmente variará entre los siguientes valores:

38 ? MR ? 46

5.2. MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE.

Debido a las características poco aptas de los materiales de subrasante y a la necesidad de realizar reemplazo de estos por materiales de mejores características geotécnicas y particularmente en lo que corresponde a la plasticidad y sensibilidad a los cambios volumétricos, se debe determinar las características del suelo de reemplazo y su espesor.

El mejoramiento de la subrasante se basará en los indicadores geotécnicos en base a las características físicas del suelo (tipo de suelo, humedad, Limites de Attemberg, potencial de expansión y CBR) y de la presencia del Nivel Freático. Además, se avaluarán las recomendaciones que al respecto se manifiesten en dicho estudio de suelos.

Esta consultoría considera que para el proyecto y de acuerdo con las características geotécnicas y de tránsito del corredor vial urbano, se tomaran uno (1) unidad de diseño típica para pavimento rígido. La unidad de diseño es la siguiente:

- Unidad de diseño No 1: Calle 20A entre carreras 13 y 14.

Para el mejoramiento de la subrasante, se tomarán en cuenta las recomendaciones geotécnicas y de diseño de pavimento consignadas por la firma consultora LCV INGENIERIA SAS.

Debido a las características que inicialmente se pueden considerar como poco aptas de los materiales de subrasante y a la necesidad de realizar reemplazo de estos por materiales de mejor características geotécnicas y particularmente en lo que corresponde a la plasticidad y sensibilidad a los cambios volumétricos, se debe determinar las características del suelo de reemplazo y su espesor.

A continuación, se muestran los CBR de diseño para cada uno de los sectores viales de diseño:

Apique	Dirección	Barrio	CBR (%)
1	Calle 20A entre Cras 13 y 14	Pradito	7.10

2			3.60

Cuadro 44: Sectores para realizar mejoramiento de subrasante.
Fuente: Estudio de suelos No 194-2025 elaborado por LVC INGENIERIA SAS

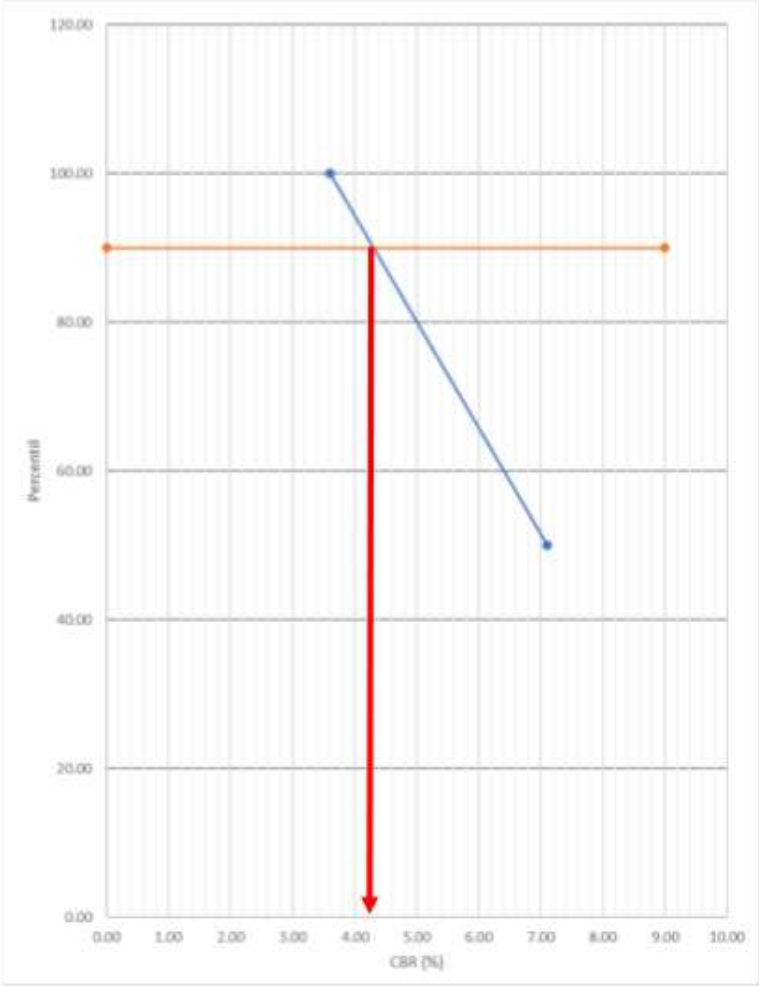
De acuerdo con la evaluación geotécnica se proponen crear una unidad de diseño en base a los materiales evaluados y proceder a calcular para la unidad de diseño un CBR de diseño. El procedimiento para aplicar será bajo el criterio del percentil 90 que es registrado en el libro "Pavimentos asfalticos de carreteras" de Fernando Sánchez Sabogal y Sandra Ximena Campagnoli Martínez. Este criterio se toma cuando no se tiene más información y como regla general, resulta aceptable elegir valor óptimo de resistencia de diseño el correspondiente a un percentil entre 80 y 90 de los resultados de los ensayos.

Unidad de diseño No 1

Apique	Dirección	Barrio	CBR (%)
1	Calle 20A entre Cras 13 y 14	Pradito	7.10
2			3.60

Apique	CBR (%)	Menor a mayor CBR (%)	Valores mayores o iguales	Percentil (%)
1	7.10	3.60	2.00	100
2	3.60	7.10	1.00	50

Cuadro 45: Calculo del percentil de diseño
Fuente: Propia



De acuerdo a los resultados obtenidos del estudio de suelos en lo referente al CBR, vemos que de acuerdo a la longitud de vía evaluada, numero de apiques y caracterización del suelo, se registra un valor **CBR de 4.30%** , el cual se considerara como un valor de diseño.

De acuerdo con los resultados obtenidos del estudio de suelos en lo referente al CBR, vemos que, de acuerdo con la longitud de la vía evaluada, numero de apiques y caracterización del suelo, se registra un valor CBR de 4.30%, el cual se considerara como un valor de diseño.

Una vez definido el valor del CBR de diseño, para el sector de diseño de características homogéneas, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo, según el siguiente cuadro:

Categoría de la subrasante	CBR
S0: Subrasante inadecuada	CBR <3%

S1: Subrasante pobre	De CBR ≥3% A CBR < 6%
S2: Subrasante irregular	De CBR ≥6% A CBR < 10%
S3: Subrasante buena	De CBR ≥10% A CBR < 20%
S4: Subrasante muy buena	De CBR ≥20% A CBR < 30%
S5: Subrasante excelente	De CBR ≥30%

Cuadro 46 : Categoría de la subrasante
Fuente: Manual de carreteras – sección suelos y pavimentos 2013 (Perú)

Apique	Dirección	Barrio	CBR diseño (%)	Clasificación de la subrasante en base al CBR de diseño
1	Calle 20A entre Cras 13 y 14	Pradito	4.30	S2: Subrasante pobre
2				

Cuadro 47: Clasificación de subrasante de vía urbana de Baranoa.
Fuente: Manual de carreteras – sección suelos y pavimentos 2013 (Perú)

De acuerdo con el registro documental técnico del libro que lleva por título "Pavimentos, Materiales, construcción y diseño" cuyos autores son los ingenieros Hugo Alexander Rondón y Fredy Alberto Reyes Lizcano, puntualmente en el capítulo 13.1.1 de la página 521 edición 2015 dice textualmente "en el diseño de pavimentos se recomienda apoyar las capas de las estructuras viales sobre subrasantes o plataformas con CBR mínimo de 5%. Lo anterior con el fin de soportar de manera adecuada dichas capas durante el proceso constructivo del pavimento, entendiéndose que sobre plataformas con CBR bajos, los procesos de compactación de capas granulares o asfálticas se dificultan y pueden generar fallos estructurales que se observaran en el corto plazo. Cuando se reporten en un estudio de suelos, CBR inferiores al 5%, se recomienda sustituir parte de la subrasante por capas de materiales de conformación, rajón u otros materiales similares".

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

De acuerdo con lo registrado en el documento Manual de carreteras – sección suelos y pavimentos 2013 (Perú), se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR ≥ 6%. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, de acuerdo con la naturaleza del suelo, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y económica. El valor mínimo de CBR ≥ 6 % establecido en el Manual de Carreteras 2013 (Perú) se fundamenta en la necesidad de garantizar una capacidad portante adecuada y estable de la subrasante, compatible con el desempeño estructural del pavimento durante su vida útil.

Una subrasante con CBR inferior a 6 % presenta las siguientes desventajas técnicas:

- Baja rigidez y resistencia al esfuerzo cortante
- Elevadas deformaciones elásticas y plásticas bajo cargas repetidas
- Alta sensibilidad a la variación del contenido de humedad
- Mayor probabilidad de asentamientos totales y diferenciales
- Riesgo de pérdida de apoyo bajo las losas de concreto

Desde el punto de vista mecanicista, valores de CBR bajos se asocian con módulos resilientes reducidos, lo que incrementa las deflexiones del sistema estructural y las tensiones de tracción en la losa de concreto, afectando negativamente su durabilidad.

A continuación, se presentan las razones técnicas en términos de afectaciones ante la presencia de nivel freático:

- Saturación reduce el CBR efectivo
- Aumenta deformaciones plásticas
- Genera bombeo en pavimentos rígidos

A continuación, se evalúa la presencia del nivel freático y se toma la profundidad más crítica. Vemos que, según el estudio geotécnico, en los apiques realizados no se registro presencia de nivel freático.

Se procede a realizar un análisis de potencial de expansión en base a la norma I.N.V.E 2013 – Determinación de suelos expansivos. De acuerdo con el numeral 3 de la norma, se evaluarán en base a los Limites Líquidos y Plástico como se muestran en los siguientes cuadros:

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

GRADO DE EXPANSIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	
	CHEN	NORMA IS 1498
Bajo	< 30	20 – 35
Medio	30 – 40	35 – 50
Alto	40 – 60	50 – 70
Muy alto	> 60	70 - 90

Cuadro 48: Predicción de la expansividad en base al Limite Liquido
Fuente: Norma I.N.V.E 2013

GRADO DE EXPANSIÓN	ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
	HOLTZ Y GIBBS	CHEN	NORMA IS 1498
Bajo	< 20	0 – 15	< 12
Medio	12 – 34	10 – 35	12 – 23
Alto	23 – 45	20 – 55	23 – 32
Muy alto	> 32	> 35	> 32

Cuadro 49: Predicción de la expansividad en base al Índice de Plasticidad
Fuente: Norma I.N.V.E 2013

Ubicación			Limite Liquido	Limite Plástico	Índice Plasticidad	Clasificación USC	Grado de expansión por LL		Grado de expansión por IP		
							Chen	Norma IS 1498	Holtz y Gibbs	Chen	Norma IS 1498
UD 1	AP 1	0.00-0.50	NP	NP	NP	SM	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula
		1.00-1.50	NP	NP	NP	SM	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula
	AP 2	0.00-0.50	40.57	20.16	20.41	CL	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio
		1.00-1.50	40.02	20.18	19.84	CL	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio

Cuadro 50: Análisis de potencial de expansión en suelos , Municipio de Baranoa, Departamento del Atlántico.
Fuente : Estudio geotécnico EG 194 2025– LCV INGENIERIA SAS

El análisis de potencial de expansión, realizado conforme a la norma I.N.V.E 2013 – Determinación de suelos expansivos, permitió clasificar el suelo arcilloso como de grado de expansión MEDIO, lo cual incrementa la susceptibilidad del terreno a cambios volumétricos asociados a variaciones de humedad.

En resumen, el estudio geotécnico realizado en el área del proyecto identificó la presencia de:

- Suelos tipo SM (arena limosa) y CL (arcilla de baja plasticidad)
- Índices de plasticidad del orden de IP = 20 en los suelos arcillosos
- Alternancia lateral y vertical de materiales granulares y cohesivos
- Ausencia de nivel freático durante la exploración

- Los ensayos CBR realizados arrojaron valores entre 3.60 % y 7.10 %, definiéndose un CBR de diseño de 4.30 %, representativo del comportamiento más desfavorable de la subrasante a lo largo del corredor vial.
- Adicionalmente, el análisis de potencial de expansión, realizado conforme a la norma I.N.V.E 2013 – Determinación de suelos expansivos, permitió clasificar el suelo arcilloso como de grado de expansión MEDIO, lo cual incrementa la susceptibilidad del terreno a cambios volumétricos asociados a variaciones de humedad.

Se considera mejoramiento de la subrasante cuando al menos se cumpla con alguna de las siguientes consideraciones:

- Se considera mejoramiento de subrasante cuando CBR diseño < 6.00%.

- Se considera mejoramiento de subrasante cuando hay presencia de nivel freático que lo amerite según las siguientes consideraciones:

Profundidad del nivel freático	Condición	Recomendación
≤ 1.0 m	Muy crítica	Mejoramiento obligatorio
1.0 – 1.5 m	Crítica	Mejoramiento altamente recomendado
1.5 – 2.0 m	Moderada	Evaluar drenaje + posible mejora
> 2.0 m	Baja	No obligatorio (salvo otros factores)

Cuadro 51: Condición crítica del nivel freático. Criterios prácticos usados en diseño vial:
Fuente : INVIAS (2009). Manual de Drenaje para Carreteras. Instituto Nacional de Vías, Colombia. AASHTO (1993). Guide for Design of Pavement Structures.

- ✓ Se considera crítica cuando el nivel freático se encuentra a una profundidad menor o igual a 1.50 m desde la rasante terminada o dentro del espesor de influencia de esfuerzos. En suelos finos (CL, CH, ML) el nivel freático ≤ 1.5 m, se asume reducción severa de capacidad portante.

- Se considera mejoramiento de subrasante cuando se den las siguientes condiciones de evaluación al potencial de expansión del suelo:

Potencial de expansión	Condición	Recomendación
Bajo (< 1%)	No crítica	No requiere mejoramiento
Medio (1 – 3%)	Moderada	Evaluar mejoramiento
Alto (3 – 5%)	Crítica	Mejoramiento recomendado
Muy alto (> 5%)	Muy crítica	Mejoramiento obligatorio

Cuadro 52: Condición crítica del nivel freático. Criterios prácticos usados en diseño vial:
Fuente : NSR-10 (Colombia)- Holtz y Gibbs - ASTM D4829 / ASTM D4546 / UBC- Literatura técnica (Bowels / MDPI)

Se considera condición más crítica cuando la expansión ≥ 3 % (Alta o Muy Alta) y se da especialmente en:

- Suelos tipo CH
- Índice de plasticidad IP > 20–25
- Cambios estacionales de humedad

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

En pavimento rígido:

- La expansión genera levantamientos diferenciales
- Fisuras transversales y longitudinales
- Pérdida de soporte bajo la losa

Unidad de diseño No 1

- **Calle 20A entre Cras 13 y 14**

Vemos que:

- Se considera mejoramiento de subrasante cuando CBR diseño < 6.00%. Tenemos un CBR de 4.30%.
- Se considera mejoramiento de subrasante cuando hay presencia de nivel freático a profundidad critica que lo amerite. Se determino que no hay presencia de nivel freático.
- Potencial de expansión. Tenemos un potencial de expansión medio.

Nota: La unidad de diseño No 1 necesita mejoramiento en la subrasante.

Debido a las características poco aptas del material de subrasante, se hace necesario el remplazo de este por material de mejores características geotécnicas y particularmente a lo que corresponde a parámetros como son la plasticidad y sensibilidad a posibles cambios volumétricos. Ante lo anterior lo que se busca es definir el tipo de material de remplazo y su espesor de construcción. Para los anteriores tipos de suelos, se recomienda realizar un mejoramiento de la subrasante mediante la construcción de piedra (capa estructural) y capa en material tipo seleccionado o subbase para renivelación (capa no estructural).

A continuación, se referencian las siguientes condiciones críticas identificadas:

- CBR de diseño = 4.30 % que la clasifica como Subrasante pobre (CBR ≤ 6 %).
- Suelo CL con IP = 20 lo que es indicador de un comportamiento plástico.
- Potencial de expansión MEDIO lo que generara riesgo de deformaciones diferidas.
- Placa de rodadura en concreto hidráulico será sensible a asentamientos diferenciales, no tanto a deformaciones elásticas.
- El proyecto por estar ubicado en una zona urbana el pavimento rígido en conjunto estará sometido a altas exigencias de durabilidad y bajo mantenimiento.

Se considera este tipo de mejoramiento como de intervenciones profundas en la cual se considera el diseño de una capa en piedra (capa estructural) y una capa granular en material tipo subbase o seleccionado que cumplirá funciones de renivelación.

La anterior propuesta de mejoramiento a la subrasante es técnicamente idónea, especialmente en este contexto urbano, por las siguientes razones:

Ventajas técnicas

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

- Incrementa significativamente la capacidad portante equivalente.
- Reduce asentamientos totales y diferenciales, clave para losas de concreto.
- Funciona como capa drenante aun cuando hoy no exista nivel freático.
- Excelente comportamiento frente a suelos CL con expansión media.
- Tecnología robusta y probada en la región.
- Baja sensibilidad a errores constructivos.
- Mejorar durabilidad del sistema.

La piedra (ciclópea o rajón) se usa entre otros aspectos porque este material trabajará como un lecho filtrante que impedirá el lavado de finos de la capa superior. El uso de la piedra busca darle un mejoramiento a las propiedades mecánicas de la subrasante conformando una estructura de grano grueso que brinde una superficie de desplante adecuada al pavimento rígido a las cargas de tránsito durante la etapa de construcción y durante su vida de servicio como además de reducir posibles asentamientos diferenciales que afectarían en un momento determinado la funcionalidad del pavimento, mitigando la presencia de problemas geotécnicos asociados con las características del subsuelo donde se generan fallas con notorios hundimientos y deformaciones plásticas, causadas por bajas capacidades portantes y/o la existencia de estratos localizados a profundidad, con presencia de arcillas, limos, suelos orgánicos ó turbas altamente compresibles.

La piedra ciclópea NO es una base granular, su función principal es:

- Rigidizar el sistema subrasante
- Reducir deformaciones y asentamientos
- Distribuir tensiones
- Aislar suelos finos (CL) con expansión media
- Romper la continuidad capilar

Para que estas funciones se cumplan, la capa debe:

- Trabajar como estrato rígido
- Tener continuidad y trabazón
- Superar un espesor crítico mínimo

A continuación, se evaluará el criterio técnico del espesor critico mínimo. En métodos mecanicistas simplificados como Iványov, el espesor de la capa rígida debe ser suficiente para que:

$h1/a \geq 2.0$ a 2.5

Donde:
$h1$ = espesor de la capa rígida
a = radio de carga ($\approx$ 0.12 m para eje estándar)

El criterio h1/a≥2.0–2.5 proviene de la teoría elástica de sistemas estratificados desarrollada por Boussinesq y Burmister, adoptada posteriormente en métodos mecanicistas simplificados de pavimentos, entre ellos el método de Ivánov. Este parámetro garantiza que la capa superior trabaje como un estrato estructural independiente, reduciendo significativamente la influencia de la subrasante en la respuesta del sistema. En los estudios de Burmister se demuestra que:

Cuando h1/a<2

- La carga "siente" inmediatamente la subrasante
- La capa superior NO actúa como estrato independiente.
- El efecto estructural es pobre

Cuando h1/a≥2–2.5

- La mayor parte de la deformación ocurre dentro de la capa superior
- La subrasante recibe tensiones fuertemente atenuadas
- La capa trabaja como placa rígida sobre soporte
- Este umbral es el que Ivánov adopta implícitamente.

Espesor capa en piedra (cm)	h_1 / a	Cumple/ No cumple
20	1.7	No cumple. Insuficiente
30	2.5	Cumple como un mínimo técnico
40	3.3	Cumple como optimo/ conservador
> 40		Solo si CBR subrasante < 3.0% o expansión alta

Cuadro 53: Calculo del espesor critico
Fuente : Teoría elástica de sistemas estratificados desarrollada por Boussinesq y Burmister

Menos de 30 cm no desarrolla plenamente el efecto estructural.

El espesor mínimo recomendable de una capa de piedra (ciclópea o rajon) como mejoramiento de subrasante es de 30 cm, y el espesor técnicamente óptimo usual es 40 cm, dependiendo de la calidad de la subrasante y del objetivo del mejoramiento. El espesor de la capa de mejoramiento en piedra será de 40 cm.

En la capa para renivelacion en material tipo subbase o seleccionado se debe lograr una densidad como mínimo del 88% de la máxima obtenida en el ensayo Próctor Modificado. No es conveniente aplicar una mayor energía de compactación por que se afectaría la subrasante y se podrían "enterrar" las piedras en la subrasante. La finalidad de esta capa es proteger el geotextil del punzonamiento de las piedras. El espesor de la capa granular de sello y/o renivelación tendrá un espesor de 10 cm.

Es importante aclarar que en la capa en piedra se generaran unos espacios o vacíos entre piedras que deberán se llenados con un material granular que podre ser material

seleccionado para que cumpla funciones de sello y lograr de esta manera un grado de compactación idóneo, lo cual, en este caso, por los tamaños de partículas utilizados, se refiere, en la práctica, más bien a la acomodación del material.

El material granular tipo seleccionado utilizado como sello de la capa de piedra ciclópea deberá ser no plástico y cumplir funciones estructurales de intertrabado. En ausencia de nivel freático, se permitirá un contenido controlado de finos no plásticos. En presencia de nivel freático, el material deberá ser granular limpio y drenante, con bajo contenido de finos, garantizando la evacuación del agua y evitando la generación de presiones intersticiales y fenómenos de bombeo.

Por lo anterior no se pueden considerar igual el grado de funcionalidad de la capa de renivelación y el material sello.

Al momento de considerar el APU del mejoramiento de la subrasante en piedra, se debe de considerar el material ya sea en material seleccionado para sello de los vacíos intergranulares.

Se deberá elaborar para el presente proyecto el APU de renivelación en material tipo seleccionado o subbase.

A continuación, se muestra un esquema de la capa de mejoramiento en piedra y la capa de renivelación.

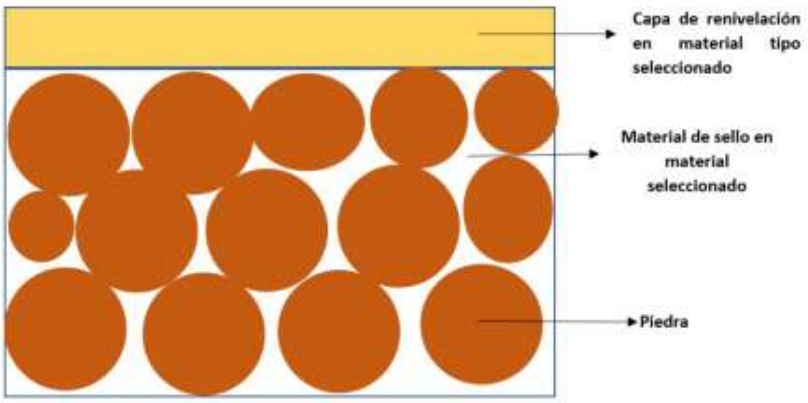


Imagen 6 : Esquema básico capa de mejoramiento en piedra y capa de renivelación en material tipo seleccionado o subbase
Fuente: Propia

La piedra ciclópea se utiliza principalmente como una capa de mejoramiento en suelos muy compresibles, saturados o con bajo CBR. Aunque no es un material que se evalúe típicamente con un ensayo CBR estándar (por su naturaleza gruesa y no cohesiva), para efectos de diseño y análisis estructural se suelen asignar valores de CBR en función de su comportamiento observado y el tipo de suelo donde se incorpora.

Material	CBR típico (%)
Piedra ciclópea (suelta)	40-80
Piedra ciclópea compacta	60-100
Piedra ciclópea con finos	20-60
Piedra ciclópea con mortero (confinada)	80-100 o mas
Piedra ciclópea + capa de asiento granular	70-90
Piedra ciclópea con geotextil	30-80

Cuadro 54: Valores típicos de CBR para piedra ciclópea (como capa de mejoramiento)
Fuente: Propia

Para efectos conservadores en diseño, se recomienda usar CBR = 10% a 20%, especialmente si hay humedad o mezcla con suelos.

El presente diseño en los apiques ubicados en la unidad de diseño No 1 no hay presencia de nivel freático por lo cual se utilizará un CBR del 10%. Asumir un valor del CBR del 10% no es lo más idóneo desde el punto de vista técnico estricto, aunque sí es una práctica conservadora y aceptable en estudios de diseño preliminar o de conveniencia. La razón principal es que la piedra ciclópea NO es un suelo para ensayar por CBR, ya que:

- No se compacta por energía Proctor
- No trabaja por resistencia al corte friccional medida por CBR
- Su comportamiento es estructural (módulo), no empírico (CBR)

Un valor de CBR = 10 % no representa la piedra, sino un valor equivalente conservador que se usa para:

- Justificar mejoramiento
- Evitar sobreestimaciones
- Mantener coherencia con manuales viales

Cuando se requiere usar Iványov, se permite asumir un CBR equivalente bajo para la capa rígida, con fines de homogeneización del método, no como propiedad real del material.

Una de las condiciones es que el mejoramiento a implementar en zona de corte genere un CBR equivalente ≥ 6.00%

Una de las condiciones es que el mejoramiento a implementar en zona de terraplén genere un CBR equivalente ≥ 10.00%.

Tipo de mejoramiento: Se propone usar un mejoramiento con material granular tipo piedra, se recomienda un CBR mínimo para esta capa de 10%. Para la aplicación del método de Ivánov, la capa de mejoramiento en piedra ciclópea se modeló mediante un CBR equivalente adoptado de 10 %, valor conservador y comúnmente utilizado en la práctica para representar capas de alta rigidez no ensayables por el método CBR. Este valor no corresponde a un CBR real de laboratorio, sino a un parámetro equivalente para efectos del análisis del módulo compuesto del sistema subrasante–mejoramiento. El espesor de la capa de mejoramiento en piedra será de 0.40 m.

La técnica por utilizar para determinar el material de remplazo será la determinada por la ecuación de IVANOV. El fin de la ecuación de IVANOV es además el de determinar el valor de la capacidad portante equivalente en términos de CBR.

CBR(%) de subrasante	4.30
Modulo Subrasante (E2) Kg/cm2	362.84
CBR (%) Capa de mejoramiento	10.00
Modulo Capa de Mejoramiento (E1) Kg /cm2	881.44
Espesor Capa de Mejoramiento (h1) m	0.40
radio de carga (a) m	0.12
n	1.43
E Conjunto Kg/cm2	773.71
E Conjunto psi	11,004.69
CBR(%)combinado	**9.79**

Cuadro 55: Calculo del CBR combinado
Fuente : Método de Ivanov

Nomenclatura

Econjunto = E2 / (1 – (2/p) * (1 – 1 / n^3.5) * arctan (n*h1 / 2*a))
n = (E1 / E2) ^1/2.5
E1: módulo de la capa de relleno (kg/cm2)
E2: módulo de la subrasante (kg/cm2)
n = (E1/E2) ^1/2.5
h1: espesor de la capa de relleno (m)
a = 0,12 m

Cálculo del valor del radio de carga (a)

A continuación, se citan conceptos tomados del libro Ingeniería de pavimentos 3ª edición tomo 1 - Alfonso Montejo Fonseca:

En Colombia el peso máximo por eje simple autorizado es de 11 ton, este es el valor normal de carga estándar en los cálculos analíticos de pavimentos de carreteras.

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

En Colombia no está reglamentada la presión de inflado de los neumáticos. Sin embargo, a partir de encuestas se ha deducido que los neumáticos de los vehículos pesados suelen llevar una presión de inflado a los 0.60 - 0.70 Mpa.

Las presiones de contacto pueden diferir de las de inflado en función del tipo de neumático, pero se suelen adoptar valores alrededor de los 0.65 Mpa.

Como el modelo supone que la rueda produce una huella circular sobre la que se aplica una presión uniforme igual a la presión de contacto P, y cuya resultante vertical de fuerza E igual a la carga Q aplicada sobre esa rueda, el radio R de la huella de carga se puede determinar de la siguiente forma:

$\Sigma P = Q$

$\Pi \times R^2 \times P = Q$

$R = [Q/(\Pi \times P)]^{0.5}$

$Q = 11.000kg/4 = 2.750\ kg$

$P = 0{,}65\ Mpa = 6{,}5\ kg/cm^2$

Remplazando valores, tenemos:

R = 11,60 cm, tómanos 12 cm = 0,12 m

A continuación, se da la siguiente recomendación clave que consiste en interponer geotextil no tejido entre la subrasante CL y la piedra (ciclópea o rajón) para evitar bombeo de finos y garantizar la durabilidad del sistema. Es importante tener en cuenta que el geotextil sufrirá daños importantes si sobre él se coloca de manera directa e inadecuada la piedra (ciclópea o rajón) La piedra (tamaños grandes, aristas vivas, colocación por volteo) puede generar:

- Punzonamiento local del geotextil.
- Corte por aristas durante la descarga y acomodación.
- Daños por compactación si se usan equipos inadecuados.

Se recomienda un geotextil no tejido del tipo NT PAVCO 3000 o similar que cumplirá con la especificación particular del proveedor y con el Artículo 231-2022 de las especificaciones INVIAS.

Por tanto, NO es técnicamente correcto colocar piedra ciclópea directamente sobre un geotextil delgado sin medidas de protección. Es importante y valida la recomendación de colocar un geotextil no tejido ya que este no se diseña para recibir la piedra directamente, sino como elemento separador y filtrante, siempre que se adopte una solución constructiva de transición por lo que la clave está en la solución de interfaz, no en eliminar el geotextil.

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

Para prevenir daños mecánicos por punzonamiento o corte del geotextil durante la colocación de la piedra (ciclópea o rajón), se contempla la ejecución de una capa de transición granular tipo seleccionado de 5 a 10 cm de espesor, colocada inmediatamente sobre el geotextil, la cual permitirá distribuir las tensiones de contacto y proteger el elemento geosintético. Para el presente diseño se tomará una capa de transición granular en material seleccionado con un espesor de 10 cm.

Esta disposición constructiva es concordante con las recomendaciones de AASHTO y FHWA, garantizando un adecuado desempeño estructural y una vida útil prolongada del mejoramiento de subrasante.

La capa granular de transición entre geotextil y piedra ciclópea tiene como funciones:

- Protección del geotextil
- ✓ Evita punzonamiento y corte.
- Distribución local de esfuerzos
- ✓ Reduce concentraciones puntuales de contacto piedra–geotextil.
- Función filtro
- ✓ Controla migración de finos.
- Facilita la construcción
- ✓ Permite una base regular para la colocación de la piedra.

Algo importante a tener en cuenta es que esta "distribución de esfuerzos" NO es estructural en el sentido de capacidad portante global, sino local y de interfaz.

A continuación, se darán las razones técnicas del por qué NO se considera estructural a la capa de transición granular:

- Su espesor es pequeño (5–10 cm).
- No trabaja como capa confinada.
- No aporta rigidez significativa al sistema.
- No es diseñada para resistir cargas repetidas.

Por tanto, no debe considerarse capa estructural ni de mejoramiento en el análisis geotécnico global.

A continuación, se muestran las especificaciones técnicas que debe tener una capa de transición en material granular tipo seleccionado:

Parámetro	Especificación requerida	Justificación / Comentario
Tipo de material	Granular tipo seleccionado	Conforme INVIAS para capas con desempeño granular
No plástico	IP = 0	Evitar expansividad y retención de agua
Contenido de finos (No. 200)	≤ 5 %	Control de finos para función filtro
Gradación mínima/máxima	Tamaño máximo ¾" – 1" (19–25	Asegurar permeabilidad y buen reparto de esfuerzos

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

sugerida	mm)	
	% 1": 100	Debe pasar todo
	% ¾": 85–100	Garantiza fracción gruesa dominante
	% 3/8": 50–80	Evita exceso de finos
	% No. 4: 30–60	Asegura continuidad de gradación
CBR (muestra compactada)	≥ 20–30 %	Criterio mínimo para materiales granulares tipo seleccionado
Equivalente de arena (EA)	≥ 30	Indica buen comportamiento granular
Límite líquido (LL)	N/A	No aplica a material no plástico
Límite plástico (LP)	N/A	No plástico
Índice de Plasticidad (IP)	0	Material no plástico
Compactación en obra	90–95 % Proctor Modificado	Asegura densidad adecuada sin sobrecompactar
Permeabilidad	Alta / Buena	Facilita función de filtro sin generar presiones de poros
Desgaste Los Ángeles	≤ 45–50 %	Resistencia mecánica aceptable
Control de materia orgánica	Ausencia	Evitar degradación de material
Control de humedad en ejecución	Contenido óptimo ±2 %	Facilita compactación correcta
Espesor de diseño	10 cm (±1 cm tolerancia)	Criterio constructivo para transición

Cuadro 56: Especificaciones técnicas para capa de transición en material granular tipo seleccionado
Fuente : Especificaciones INVIAS 2022 y particulares.

Un aspecto técnico importante acerca de la capa de transición es que al estar dispuesta entre el geotextil no tejido y la capa de piedra (ciclópea o rajón) cumple una función protectora y de filtro, orientada a evitar daños mecánicos del geosintético y garantizar la estabilidad hidráulica del sistema. Dado su reducido espesor y su carácter no estructural, esta capa no se considera dentro del análisis de capacidad portante ni en el cálculo del CBR equivalente mediante el método de Ivánov, el cual se aplica únicamente a capas que aportan capacidad estructural efectiva al sistema.

5.3. METODO DE DISEÑO EMPLEADO PARA PAVIMENTO RIGIDO

Para el presente diseño se utilizó la metodología de ACI, expuesta en su documento ACI 330R-01, la cual a su vez se basa en la metodología PCA y en modelaciones realizadas mediante elementos finitos. Este método esta aplicado por medio del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2.008.

El objetivo del manual es el de establecer un catálogo de diseño de estructuras en función de las variables más importantes que inciden en la determinación de los espesores y calidades de las capas. Ese catálogo se construye con base en los métodos de diseño más conocidos en el país como son el de la Portland Cement Association -PCA- versión 1984 y el de la American Association of State Highway And Transportation Officials -AASHTO- versión 1993.

Esta metodología tiene en cuenta principalmente 5 variables como son:

- El tránsito y periodo de diseño.
- La subrasante.
- Material de soporte para el pavimento.

- Características del concreto para pavimentos.
- Transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral

1. **Carga de tráfico. El método clasifica el tráfico a partir de la tabla TTT.**

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T_0	(Vl) – (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

Cuadro 57. Categorías de tránsito para la selección de espesores.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008.

La presente evaluación aplicara para los sectores de diseño No 1 . Tenemos unos Ejes Acumulados de 8.2 ton de 461,726, lo que se clasifica como T0.

2. **Capacidad de soporte de la subrasante:**

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm²)
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

Cuadro 58. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008.

Para el sector No 1 y de acuerdo con los estudios geotécnicos realizados y expuestos en el numeral 5.2 en lo referente al mejoramiento de la subrasante (CBR = 9.79%), podemos observar que la subrasante en estudio pertenece a la categoría S3.

3. **Material de soporte para el pavimento rígido.**

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

Cuadro 59. Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto.
Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008

En el cuadro 59 se aprecian las diferentes alternativas de materiales de soporte de la losa de concreto.

Se propone para el sector 1 conformar debajo de la losa de concreto una base estabilizada con cemento (BEC) el fin de evitar el fenómeno del bombeo y dar una plataforma de apoyo mejorada y nivelada.

De acuerdo con la normativa vigente y por las características de los materiales de la zona, se aplicará el Articulo 350 -2022 del INVIAS.

Entre las ventajas que ofrece una capa en capa en suelo cemento, podemos citar:

- Material durable
- Mayor uso de materiales locales
- Reducido impacto ambiental
- Mayor rigidez y mejor distribución de cargas de transito
- Resistencia a los agentes atmosféricos
- Aumento de resistencia y menores intervenciones de mantenimiento
- Controlar el bombeo
- Facilitar el drenaje
- Amortiguar cambios de volumen en las capas inferiores

4. Resistencia a la flexión del concreto

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Cuadro 60. Valores de resistencia a la flexo-tracción del concreto (Modulo de rotura).
Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008

Por las características urbanísticas, topográficas y de producción económica se propone un pavimento rígido con un módulo de rotura (MR) en función del tránsito de acuerdo con lo indicado en la norma INVIAS 500-2022.

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Módulo de rotura a veintiocho días (28 d), mínimo (MPa):		
- Tránsito NT1		3,8
- Tránsito NT2	INV E-414/NTC 2871	4,0
- Tránsito NT3		4,2
(Nota)		

Cuadro 61: Criterios de diseño para la mezcla de concreto en pavimento de concreto hidráulico
Fuente: Articulo 500 -2022 – INVIAS

De acuerdo con el estudio de tránsito, el número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas estimado para el período de diseño corresponde a 461.726, lo cual clasifica la vía dentro del nivel de tránsito NT1, para el cual el Artículo 500-2022 del INVIAS establece un requisito mínimo de módulo de rotura del concreto de 3,8 MPa. No obstante, y en atención a criterios de diseño conservador, control de variabilidad en obra y desempeño a largo plazo, se adopta para el diseño un concreto con módulo de rotura de 4,0 MPa (equivalente a MR2 según el Manual INVIAS 2008), valor que supera el mínimo exigido por la norma. Esta decisión se sustenta en las condiciones particulares del proyecto, tales como el entorno urbano, las condiciones climáticas de la zona, la logística de suministro del concreto premezclado, las características de los agregados disponibles y la necesidad de mejorar el comportamiento de la losa frente a solicitaciones repetidas y fenómenos de fatiga. La adopción de un MR superior al mínimo normativo contribuye a reducir las tensiones de flexión en la losa y a incrementar la confiabilidad estructural del pavimento durante su vida útil, sin contravenir los criterios establecidos por la normativa vigente.

Aunque el tránsito clasifica la vía como NT1 (MR mínimo = 3,8 MPa), se adopta un MR de 4,0 MPa como criterio de diseño conservador, con el fin de reducir la sensibilidad del pavimento a la variabilidad constructiva y mejorar su desempeño estructural frente a cargas repetidas, sin contradecir los requisitos normativos del INVIAS.

Para el presente diseño se tomara un concreto hidráulico premezclado un Módulo de rotura de 40 kg/cm² (4.0 Mpa) que se clasifica como un MR2.

5. Bermas y transferencia de carga entre losas.

Denominación de sistemas de transferencia de cargas y confinamiento lateral.

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

Cuadro 62. Denominación de sistemas de transferencia de cargas y confinamiento lateral.
Fuente. Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008

Hay dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos laterales del pavimento.

A continuación, se presentan las siguientes consideraciones geométricas de una sección transversal típica para el presente corredor vial urbano:

- Ancho de calzada total = Ancho de calzada libre + ancho de bordillos

- La placa de rodadura en concreto hidráulico tendrá un ancho de calzada total. Sobre la placa de rodadura, a los costados de esta se fundirán bordillos en concreto hidráulico reforzado.

Por ser una zona urbana con limitantes de espacio, el presente diseño no contempla bermas a los costados de la calzada libre, pero en cambio presenta la propuesta de unos sobre anchos a los costados de 0.15m en donde se construirán bordillos anclados en concreto hidráulico reforzado. A los costados de los bordillos se contempla el diseño y construcción de andenes peatonales (placa de rodadura peatonal en concreto hidráulico de espesor 8 cm que se apoyara en una capa granular).

Por lo anterior el presente diseño propone el diseño y construcción de bordillos anclados en concreto hidráulico reforzado ubicados a los lados de la zona de calzada libre.

En lo referente a sistemas de confinamiento lateral, el Manual considera las condiciones de Berma (B) y No Berma (No B).

La variable Berma (B) definida en el Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto – INVIAS 2008 corresponde a una condición de borde con confinamiento lateral que genera un efecto estructural en la losa de concreto, al reducir las tensiones y deformaciones en el borde. No obstante, el Manual no define explícitamente los elementos constructivos que constituyen dicha berma, por lo cual su adopción debe sustentarse en la garantía de un confinamiento continuo, permanente y estructuralmente confiable durante la vida útil del pavimento.

La condición de diseño adoptada corresponde a No Berma (No B), la cual, según el Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto – INVIAS 2008, representa un borde libre de la losa sin considerar confinamiento estructural lateral. Bajo esta hipótesis, el dimensionamiento del pavimento se realiza considerando las solicitaciones más desfavorables en el borde y la esquina, sin atribuir efectos favorables a elementos adyacentes como bordillos o andenes, garantizando así un diseño conservador, robusto y acorde con la vida útil prevista del proyecto. No Berma (No B) significa diseñar la losa como si el borde estuviera libre, ignorando cualquier confinamiento lateral, para garantizar seguridad estructural bajo la condición más crítica.

El Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008 estipula los siguientes conceptos técnicos:

"Hay dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos laterales del pavimento, como son las bermas, los bordillos o los andenes, en el manual se identificaran con las siglas indicadas en la Tabla 3-5".

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

En este manual se presenta el espesor que deben tener los pavimentos en función de la presencia o ausencia de las dovelas y de los elementos confinantes, que para efectos prácticos se denominan genéricamente como bermas. Esto significa que:

- El Manual reconoce que bordillos y andenes generan algún grado de confinamiento.
- No afirma que bordillos y andenes siempre deban modelarse como berma estructural.
- No elimina la necesidad de evaluar su capacidad real de confinamiento.
- Es importante resaltar que el Manual nunca indica que la sola existencia de un bordillo obligue a adoptar la condición "con berma (B)".

Las anteriores consideraciones registradas en el manual indican que bordillos, andenes o bermas son considerados equivalentes funcionales como elementos de confinamiento lateral, lo cual tiene efecto estructural en el diseño del espesor de la losa de concreto. Específicamente, estos elementos ayudan a reducir las deformaciones y deflexiones laterales, lo que permite reducir ligeramente el espesor requerido de la losa o, al menos, aumenta su desempeño y durabilidad.

Una consideración técnica importante es que el Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008 no pregunta "si hay algo al lado de la losa", sino si ese elemento garantiza confinamiento estructural permanente, continuo y monolítico, equivalente al supuesto de diseño de la condición de Berma (B). En este caso hay elementos laterales, pero NO cumplen el nivel de garantía estructural que el Manual asume para Berma (B).

Cuando el Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008 permite usar Berma (B), implícitamente asume que el elemento lateral tenga las siguientes consideraciones técnicas:

- Tener capacidad estructural comparable a una losa o base estabilizada.
- Estar integrado estructuralmente al sistema.
- No depende de etapas posteriores.
- No puede perder contacto ni soporte con el tiempo.
- No está apoyado sobre material potencialmente deformable.
- Es decir, una condición robusta, idealizada y conservadora.

A continuación, se darán algunos ejemplos claros de Berma (B):

- Berma en concreto vaciada monolíticamente con la losa.
- Carril adyacente en concreto.
- Hombro de concreto estructural.
- Base estabilizada rígida continua confinada y controlada.

A continuación, se presenta un análisis básico del bordillo anclado y anden:

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

Bordillos anclados.

- Ayudan al confinamiento lateral
- Reducen desplazamientos
- Mejoran el comportamiento del borde

Consideraciones:

- **Evaluación de la sección geométrica del bordillo anclado:**

✓ Es importante aclarar que la sección geométrica propuesta de (15cm x 20cm) cumple como bordillo urbano funcional, no como elemento estructural robusto. Con esa sección, el bordillo sí es válido para delimitación de calzada, contención de capa granular del andén, canalización superficial, protección del borde inmediato del pavimento, anclaje geométrico básico a la losa. Por lo anterior no es un elemento "deficiente" ni fuera de norma. El problema no es de cumplimiento, sino de alcance estructural.

✓ Se considera una sección pequeña (15cm × 20 cm). No se dice "pequeña" en términos absolutos, sino en relación con lo que se le quiere exigir. Para garantizar estabilidad y rigidez adecuadas en un bordillo de concreto, la relación geométrica altura/ancho (h/b) debe ser menor o igual a 1.25, siendo óptima en el rango de 0.80 a 1.00. Valores superiores a 1.30 corresponden a secciones esbeltas con mayor sensibilidad a fisuración y pérdida de estabilidad lateral. Para el presente caso se evaluará si cumple con la relación de esbeltez propuesta.

Ancho = 15 cm
Altura = 20 cm
RE = Altura/ Ancho =20 cm/15cm = 1.33, vemos que no cumple.
Se debe cumplir que 0.80 ≤ h/b ≤ 1.00 **SECCIÓN ÓPTIMA (RECOMENDADA)**
Para que cumpla como un bordillo con funciones estructurales
Ancho = 25 cm
Altura = 20 cm
RE = Altura/ Ancho =20 cm/25cm = 0.80, vemos que cumple.
Ancho = 25 cm
Altura = 25 cm
RE = Altura/ Ancho =25 cm/25cm = 1.00, vemos que cumple.

✓ Un bordillo "cumple estructuralmente" cuando NO es esbelto. Eso se logra aumentando el ancho, no la altura.

✓ El bordillo inicialmente planteado de sección 15 × 20 cm cumple adecuadamente su función urbana y de delimitación; sin embargo, desde el punto de vista de estabilidad y rigidez lateral, se considera una sección esbelta. Por criterios de durabilidad, reducción de fisuración y mayor tolerancia a asentamientos diferenciales, se recomienda adoptar un ancho mínimo de 25 cm, lo cual mejora significativamente el comportamiento del borde del pavimento sin que dicho elemento sea considerado como berma estructural para efectos del diseño, el cual se mantiene bajo la condición No Berma (No B).

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

- **Trabajan principalmente como elemento lineal, no como placa:**

✓ Un elemento lineal es aquel cuyo comportamiento estructural está dominado por una dimensión predominante es su longitud. Como ejemplos de elementos lineales tenemos los bordillos, vigas, sardineles y muros delgados continuos.

✓ Un elemento lineal trabaja para resistir esfuerzos locales, se deforma principalmente por flexión en una dirección, transmite cargas puntuales o distribuidas a lo largo de una línea, no distribuye cargas en dos direcciones.

✓ Una placa (o losa) es un elemento estructural que trabaja en dos dimensiones. Ejemplos como losa de pavimento, losa de andén estructural, berma rígida en concreto, carril adyacente en concreto. Una placa trabaja distribuyendo cargas en dos direcciones, reduce concentraciones de esfuerzo, tiene rigidez superficial, no solo lineal y restringe rotación y desplazamiento de forma mucho más efectiva. En términos simples, una placa "amarra" el borde de la losa en toda un área, no solo en una línea.

✓ Un bordillo confina el borde "en una línea"; una berma estructural lo confina "en un área". Por eso el bordillo ayuda, mejora la durabilidad y protege el borde. Pero no puede asumirse como berma (B), no debe considerarse estructural en el diseño y el diseño correcto sigue siendo No Berma (No B).

- **No distribuyen carga como una berma estructural:**

✓ Un bordillo no distribuye carga porque no tiene área suficiente para repartir los esfuerzos; solo los transmite en una línea al suelo. Una berma estructural sí distribuye carga porque trabaja como una placa, repartiendo los esfuerzos en una superficie amplia. Como conclusiones podemos citar que:

- ❖ El bordillo está bien.
- ❖ Sí cumple su función.
- ❖ Sí mejora el desempeño real.
- ❖ Pero no cambia la mecánica del borde, por eso el diseño correcto es No Berma (No B).

- **Su comportamiento depende del suelo lateral:**
- El Manual, cuando define No Berma (No B), asume que no hay apoyo lateral confiable, que el borde puede quedar libre y que el diseño debe resistir esa condición. Lo antes expuesto encaja exactamente con el comportamiento real de un bordillo, porque su estabilidad depende de un suelo que no es estructuralmente confiable a largo plazo.

✓ Decir que el bordillo "depende del suelo lateral" significa que su capacidad para confinar la losa no es propia ni permanente, sino que está condicionada a la calidad y permanencia del terreno que lo rodea, el cual puede variar durante la vida útil del pavimento.

- **Su función principal es funcional para entornos de carácter urbano, no estructural:**

✓ El bordillo no fue concebido ni dimensionado para participar como elemento resistente del pavimento rígido, sino para cumplir funciones urbanas; cualquier confinamiento que

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

aporte es incidental, no garantizado ni modelable estructuralmente, por lo que no puede asimilarse a una berma estructural en el diseño que propone el Manual.

- ✓ Aunque se proyectan bordillos de concreto anclados a la losa, estos cumplen una función principalmente urbana y funcional. Dado que su capacidad de confinamiento depende del suelo lateral y no constituye una berma estructural continua, el diseño del pavimento rígido se realiza considerando la condición No Berma (No B), conforme al Manual INVIAS 2008.

- **Como conclusión técnica tenemos que bordillo en concreto hidráulico ancado es diferente a Berma estructural del Manual:**
- Se indica que, aunque el bordillo sea de concreto y esté anclado, estructuralmente no trabaja como una berma rígida continua en área, sino como un elemento lineal apoyado en suelo; por lo tanto, no puede asumirse como "Berma (B)" en el modelo de diseño del Manual INVIAS.

Andenes sobre base granular.

- Aportan masa y apoyo lateral.
- Mejoran durabilidad del borde.
- Son positivos funcionalmente.

Consideraciones:

- **Losa de solo 8 cm (claramente no estructural):**
- ✓ Un andén de 8 cm de espesor carece de la rigidez, inercia y capacidad de confinamiento necesarias para restringir la rotación del borde de una losa de pavimento rígido; por ello, su función es exclusivamente funcional y no puede asimilarse a una berma estructural en el sentido del Manual INVIAS 2008.
- **Losa poyada sobre base granular no estabilizada:**
- ✓ Al estar el andén apoyado sobre una base granular no estabilizada, su comportamiento estructural depende del suelo subyacente, por lo que no garantiza un confinamiento lateral rígido, permanente y efectivo del borde de la losa; en consecuencia, no puede considerarse como berma estructural en el sentido del Manual INVIAS 2008.
- **Losa construida después del pavimento:**
- ✓ El hecho de que el andén sea construido con posterioridad al vaciado y fraguado del pavimento rígido implica que no participa en el comportamiento estructural inicial ni en la restricción de retracción y rotación del borde de la losa, por lo cual no puede asumirse como elemento de confinamiento lateral estructural conforme a los supuestos del Manual INVIAS 2008.
- ✓ En pavimento rígido, lo que no existe al momento del fraguado, no existe estructuralmente para el diseño.
- **Puede perder soporte por:**
- ✓ Infiltración.
- ✓ Excavaciones de servicios públicos.
- ✓ asentamientos diferenciales.

- ✓ reparaciones futuras.

- **Como conclusión técnica tenemos que andén apoyado sobre capa granular es diferente confinamiento estructural permanente:**

- ✓ Un andén apoyado sobre capa granular no estabilizada constituye un apoyo lateral deformable y dependiente del suelo, por lo cual no proporciona confinamiento lateral estructural permanente ni efectivo del borde de la losa de pavimento rígido, y en consecuencia no puede considerarse berma estructural según el Manual INVIAS 2008.

Aunque el proyecto contempla bordillos de concreto anclados y andenes en losas independientes, estos elementos no constituyen una berma estructural continua en los términos del Manual INVIAS 2008, ya que su confinamiento es lineal y depende del soporte del suelo lateral. Por tal razón, el diseño del pavimento rígido se realiza considerando la condición No Berma (No B), de forma conservadora y acorde con la metodología del Manual. Los bordillos y andenes proyectados no proporcionan confinamiento lateral estructural permanente en área, por lo cual el diseño se adopta bajo la condición No Berma (No B), conforme al Manual INVIAS 2008.

Para el diseño estructural del pavimento rígido se adoptó la condición de borde No Berma (No B), conforme al enfoque conservador establecido en el Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008. Si bien el proyecto contempla la construcción de bordillos de concreto anclados a la losa y andenes apoyados sobre una base granular, dichos elementos no garantizan un confinamiento estructural monolítico, rígido y permanente equivalente al supuesto de diseño de la condición Berma (B), especialmente considerando su secuencia constructiva y su apoyo sobre materiales granulares. En consecuencia, el diseño se realizó sin considerar confinamiento estructural lateral, adoptando un espesor de losa que cubre adecuadamente las solicitaciones de borde, garantizando funcionalidad, durabilidad y seguridad estructural durante la vida útil del pavimento.

De acuerdo a la anteriores consideraciones y justificaciones técnicas pertinentes, tomaremos Dovelas (D) y No Berma (No B).

A continuación, se muestra un resumen de las variables consideradas en el diseño. Las variables con las que se realizaron los diferentes diseños se indican en el cuadro 64. En la tabla la abreviatura EALS se refiere a la abreviatura de Equivalent Axels Load System o, el número de cargas ejercidas por ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el periodo de diseño.

Variables y su representación				
Suelos	Tránsito	Transferencia y confinamiento	Soporte	Concreto
S1 (CBR<2)	**T0** (EALS <1x10^6)	**D y B** (Dovelas y Bermas)	**SN** (Subrasante)	**MR1**=38 MPa
S2 (2<CBR<5)	**T1** (1x10^{6}EALS <1,5x10^6)	**D y No B** (Dovelas y No Bermas)	**BG** (15 cm BG)	**MR2**=40 MPa
S3 (5<CBR<10)	**T2** (1,5x10^{6}EALS <5x10^6)	**No D y B** (No Dovelas y Bermas)	**BEC** (15 cm BEC)	**MR3**=42 MPa
S4 (10<CBR<20)	**T3** (5x10^{6}EALS <9x10^6)	**No D y No B** (No Dovelas y No Bermas)		**MR4**=45 Mpa
S5 (CBR>20)	**T4** (9x10^{6}EALS <17x10^6)			
	T5 (17x10^{6}EALS <25x10^6)			
	T6 (25x10^{6}EALS <100x10^6)			

Cuadro 63. Variables consideradas en los análisis de diseño del pavimento.
Fuente. Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008

En donde:	
Si: "Clase de suelo con i variando desde 1 hasta 5"	**BG**: "Base granular"
Ti: "Clase de tránsito con i variando desde 0 hasta 6	**BEC**: "Base estabilizada con cemento"
D: "Dovelas"	**CBR**: "Relación de soporte de California"
B: "Bermas"	**EALS**: Ejes equivalentes definidos con el procedimiento "Equivalent Axels Load System"
SN: "Suelo natural o subrasante"	

Unidad de diseño No 1

- **Calle 20A entre carreras 13 y 14**

VARIABLES DE DISEÑO	VALOR	TIPO
Transito	461,726	T0
Capacidad de soporte de la subrasante	CBR (con mejoramiento) =9.79%	S3
Material de soporte para el pavimento rígido	Capa en suelo cemento	BEC
Resistencia a la Flexión del concreto	MR= 4.0 Mpa	MR2
Berma y transferencia de carga entre losas	Dovela y No berma	D y No B

Cuadro 64. Variables utilizadas en el diseño del pavimento – SECTOR DE DISEÑO 1
Fuente: Propia

Con estos cinco elementos podemos utilizar las tablas simplificadas desarrolladas por la INVIAS y el ICPC para encontrar el espesor del pavimento.

Con las anteriores variables se procede al cálculo del espesor de la losa. Utilizaremos el cuadro 63.

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	26	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
BQ	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

Cuadro 65. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T0 como factor principal- SECTOR DE DISEÑO 1
Fuente. Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008.

La estructura de pavimento rígido para unidad de diseño No 1 será:

- **Capa de rodadura en concreto hidráulico** = 20 cm
- **Capa en suelo cemento** = 15 cm
- **Capa en material tipo seleccionado para renivelación** = 10 cm
- **Capa en piedra rajón (ciclópea)** = 40 cm
- **Capa en material seleccionado para transición** = 10 cm

Se recomienda para la unidad de diseño estipulada colocar en la interfase entre capa de renivelacion y capa tipo suelo cemento un geotextil no tejido tipo PAVCO 2400 o similar, que cumplirá con la especificación particular del proveedor y con el Artículo 231-2022 de las especificaciones INVIAS. Para que un Geotextil cumpla correctamente la función de separación entre un suelo subrasante y una capa de material granular, el CBR de la subrasante debe estar entre 4% y 10%. Este geotextil cumplirá los traslapos solicitados por los fabricantes y se contará en la obra con una asesoría permanente de los fabricantes y distribuidores. La función básica de este geotextil es servir de separación y evitar posibles contaminaciones en el material granular, otorgándole mayor durabilidad a la estructura de pavimento.

Se recomienda colocar en la interfase capa suelo – cemento y placa de rodadura en concreto hidráulico, una membrana antiadherente como un film de polietileno. Este film de polietileno se coloca con el fin de contrarrestar las fisuras que se generen en la capa cementada por contracción por secado y que se reflejarían en la placa de rodadura. El film de polietileno se le recomienda hacerle perforaciones cada 30 cm con el fin de permitir el percole del agua desde el fondo de la losa. Las perforaciones deben de hacerse cuando el film se encuentra plegado o enrollado. La anterior recomendación técnica se toma en base a lo registrado por el ICPA.

5.3.1. Calculo del acero de Dovelas (pasadores) y anclajes

Para el sector de diseño, las dovelas se colocarán de 1" separadas 30 cm centro a centro. La longitud de la barra debe ser de 35 cm (cuadro 66)

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

Cuadro 66. Selección de los pasadores de carga
Fuente. Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008

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

Cuadro 67. Selección de las baras de anclaje
Fuente. Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008.

El presente diseño contempla unos anchos de calzada libre promedio de 6.00m por lo cual llevara junta longitudinal y se diseñaran barras de anclajes. La anterior consideración se validará en el proceso de diseño de modulación de losas de concreto hidráulico.

Los anclajes se colocarán en las placas que colinden con las bermas o losas de borde. Serán de ½" corrugada, espaciadas 120 cm y con L=85cm (cuadro 65).

5.3.2. Modulación de Juntas.

Con el fin de reducir las tensiones de restricción por contracción y por temperatura de forma que no se produzcan fisuraciones aleatorias en el concreto, mantener la capacidad estructural y la calidad del pavimento dividiéndolo en tramos lógicos, se deben tener en cuenta dos criterios fundamentales para la modulación de las losas:

Criterio 1

- La longitud de la losa, l, debe estar entre 20 y 25 veces el espesor L = [(20-25)h].
- Máximo 20 veces el espesor para bases cementadas.
- Máximo 25 veces el espesor para bases de materiales granulares

Criterio 2

- La relación de esbeltez, l/a (Longitud/ancho losa), o a/l (Ancho losa/longitud) debe estar comprendida entre el rango (1- 1.4).

Se debe tomar el menor de los dos criterios para determinar la longitud de la losa. Una relación de esbeltez cercana a 1 (losa cuadrada) permitirá que las losas presenten un mejor comportamiento en cuanto a la distribución de esfuerzos.

Se analizarán posibles casos de modulación de losas, teniendo como soporte inicial un espesor de placa de rodadura en concreto hidráulico de 20 cm que estará apoyada sobre una capa de suelo cemento.

Para ancho de calzada libre más ancho de bordillos de 6,30 m

Chequeo inicial para ver si se necesita junta longitudinal

Se debe cumplir que:

Si b > 25 (e). Tiene junta longitudinal ubicada en la mitad de la calzada.

b= 6.30m

25(e) = 25 (0.20)= 5.00m

Vemos que b > 25 (e) por lo que el pavimento será con juntas longitudinales.

Chequeo para determinar la sección de la placa de rodadura

e= espesor de la losa (m) = 0.20 m

b = ancho de la calzada (m) = 6,30 m

b/2= ancho de carril (m) = 3,15 m

Longitud de la losa = 20 x e

Longitud de la losa = 20x (0.20m) = 4.00 m

Por lo anterior la losa del carril tendrá una sección de

b/2= 3,15 m

l= 3,5 m

e= 0.20 m

Chequemos la relación de esbeltez:

Se deberá cumplir que largo / ancho ≤ 1,20

Largo = 3,50 m

Ancho = 3,15 m

3,50/3,15 = 1,11

Vemos que se cumple con la relación de esbeltez

Modulación de Junta 1

Cuando el proyecto presente estructuras hidráulicas tales como pozos de inspección, sumideros, cámaras de redes, etc, se debe ajustar la modulación de las losas manteniendo la relación de esbeltez, con el fin que la Junta transversal coincida con dichas estructuras y así prevenir las fisuras que aparecerán donde se encuentran localizadas éstas.

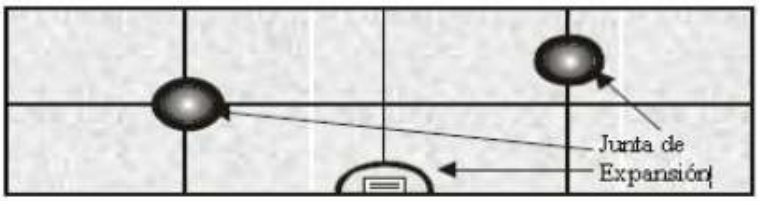


Imagen 7 : Hacer coincidir juntas con estructuras hidraulicas (caso A)

Para el caso en que el pozo coincida con la junta longitudinal, se ajusta la modulación con el fin que la junta transversal coincida con el pozo (caso A de la figura Remodulación de Losas). Así mismo, cuando se tienen varios pozos de inspección se debe remodular con el objeto que estos coincidan dentro de la misma losa, la cual se recomienda sea reforzada de acuerdo al diseño particular, como se muestra en el caso B.

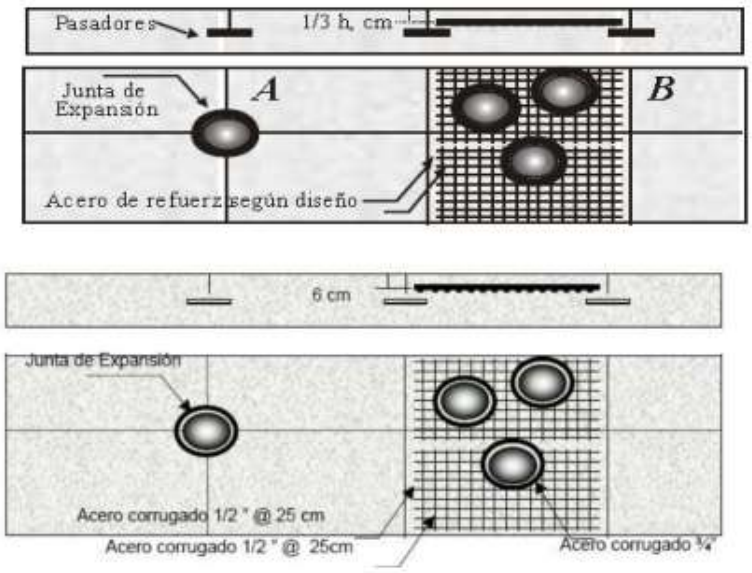


Imagen 8: Remodulacion de losas (caso B)

En el caso que pueda haber una deformación diferencial en el material de soporte de la losa, se debe tener en cuenta el diseño de acero de refuerzo localizado en el tercio inferior del espesor.

Alrededor de los sumideros se debe ajustar la modulación para que la junta transversal coincida con el eje del sumidero. No se deben dejar ángulos rectos en las losas colindantes con el sumidero. Se recomienda emplear formaleta semicircular con el fin que el esfuerzo sea tangencial y así evitar fisuración producto de las aristas vivas.

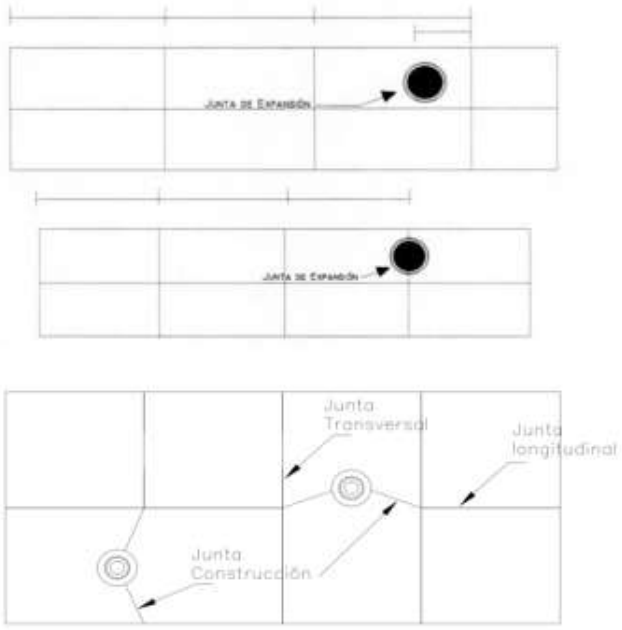


Imagen 9: Remodulacion de losas (caso C) – cuando los pozos no coinciden con las juntas

Como vemos en los casos anteriores, la modulación generara el diseño y construcción de JUNTAS DE EXPANSIÓN, que se usará solamente contra construcciones fijas y en intersecciones asimétricas siempre y cuando el pavimento no se construya con materiales expansivos. Específicamente se harán en el contacto del pavimento con cámaras de inspección, pavimentos existentes, etc.

Sus usos y tipos son los siguientes

Tipo 1 :

Se harán cuando el pavimento empalme contra una estructura que contiene el pavimento colocando una junta de expansión sin pasador, ver imagen 10.

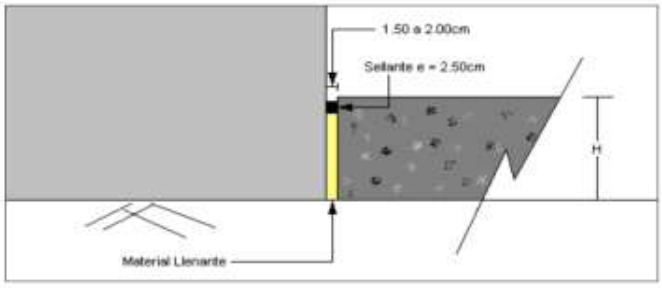


Imagen 10: Junta de expansión tipo 1 – vista en perfil

Tipo 2 :

Se usan alrededor de las tapas de las cámaras de inspección y sumideros, ver imágenes desde 11 hasta 14.

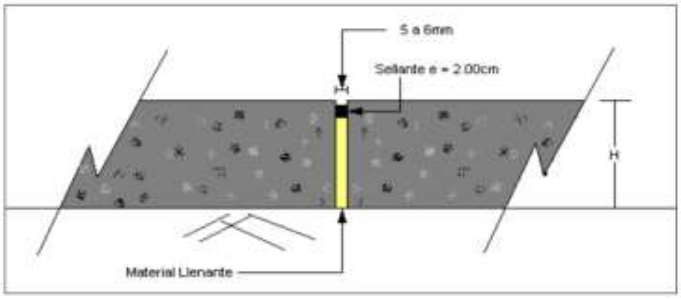


Imagen 11: Junta de expansión tipo 2 – vista en perfil

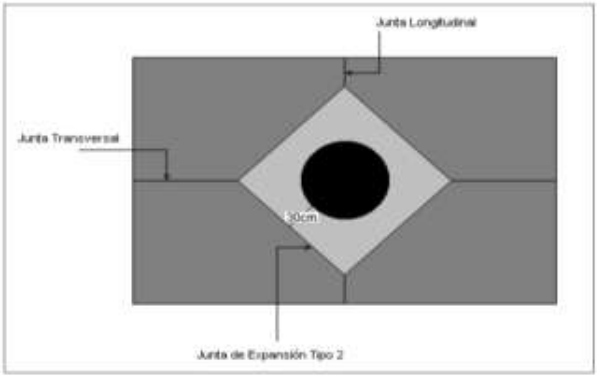


Imagen 12: Junta de expansión alrededor de tapas de cámaras de inspección en el caso en que coinciden con la junta longitudinal del pavimento.

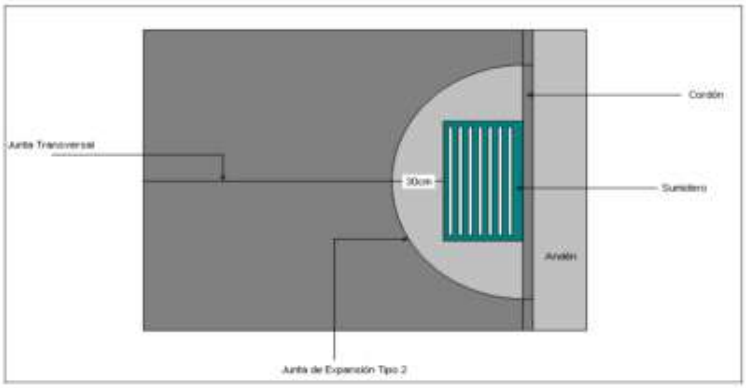


Imagen 13: Junta de expansión alrededor de sumidero.

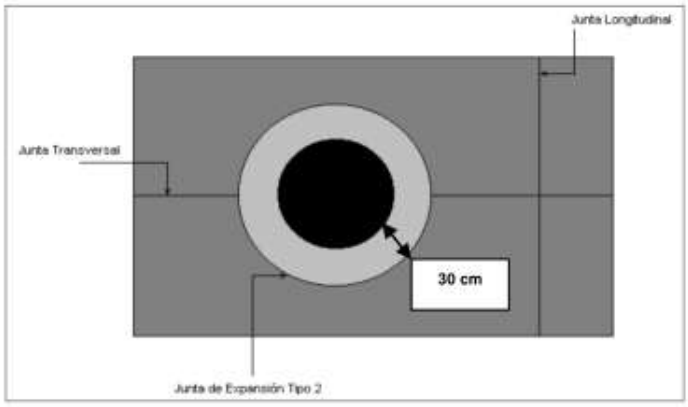


Imagen 14: Junta de expansión alrededor de tapas de cámaras de inspección en el caso en que no coinciden con la junta longitudinal del pavimento.

Tipo 3 :

Se usarán cuando el pavimento empalme con otras estructuras viales existentes.

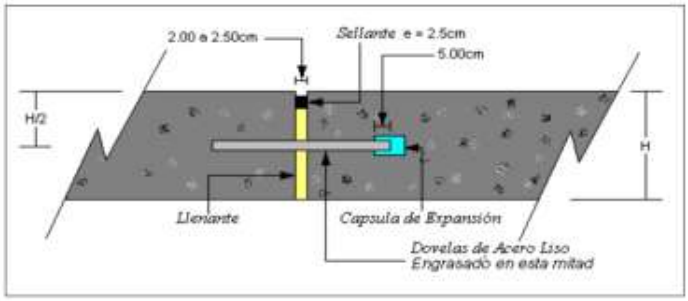


Imagen 15: Junta de expansión tipo 3.

En condiciones en las cuales no es posible instalar mecanismos adecuados para la transferencia de carga, para este tipo de juntas, se aumenta el espesor de la losa con el objeto de observar los esfuerzos de borde ocasionados por el tráfico.

Modulación de Juntas 2

En las intersecciones se deben modular las losas de tal manera que se eviten formas irregulares y esbeltas.

Cualquier losa asimétrica o que no cumpla con los criterios de esbeltez debe ser reforzada, por lo tanto, se recomienda que las losas cumplan con los criterios de modulación establecidos en la Modulación de Juntas.

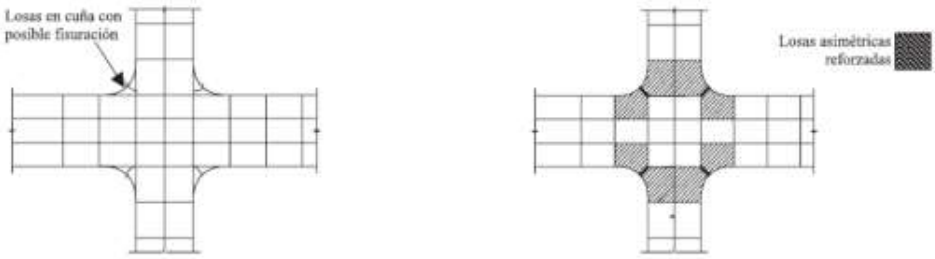


Imagen 16: Modulación de losas en intersecciones viales

Para la modulación en vías con accesos se recomienda que las juntas transversales de un sentido coincidan con las longitudinales del otro. Así mismo, no es recomendable hacer losas con forma triangular o que tengan ángulos menores a 75°, debido a la alta esbeltez y difícil colocación del acero de refuerzo en las franjas triangulares que se formarían y que son sensibles a fracturación.

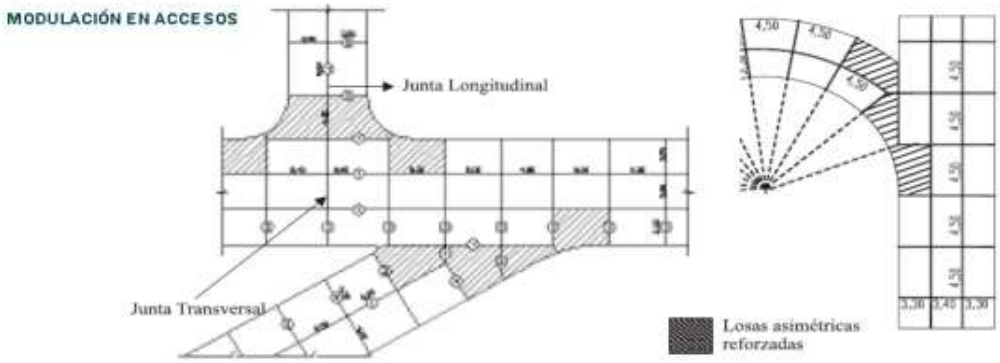


Imagen 17: Modulación en vías con accesos

En curvas o glorietas, las juntas deben ser perpendiculares al eje de la vía en forma radial. Igualmente, cuando no se pueda hacer coincidir los pozos o estructuras hidráulicas con las juntas transversales o longitudinales, estas losas deben ir reforzadas.

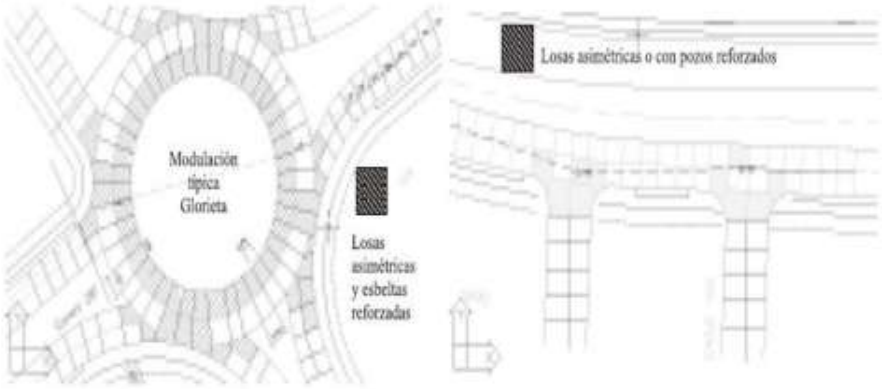


Imagen 18: Modulación en curvas o glorietas

5.3.3. Juntas

Las fisuras transversales como longitudinales, se constituyen en una característica importante para prevenir las fisuraciones del pavimento. Las juntas son necesarias por requisitos de construcción, retracción del concreto, dilatación térmica y por alabeo de la losa.

Las juntas son parte importante de los pavimentos de concreto y se hacen con el fin de controlar los esfuerzos que se presentan en el concreto como consecuencia de los movimientos de contracción y de dilatación del material y a los cambios de temperatura y humedad, entre la cara superficial y la de soporte de las losas de concreto.

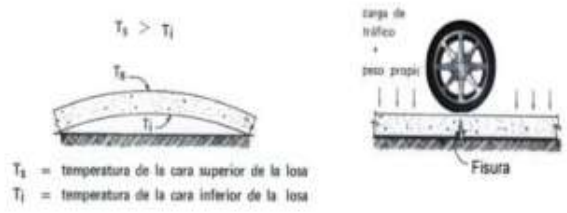


Imagen 19: Deformación de la losa durante el día, origen de la grieta por carga
Fuente: Instituto Boliviano del cemento y hormigón

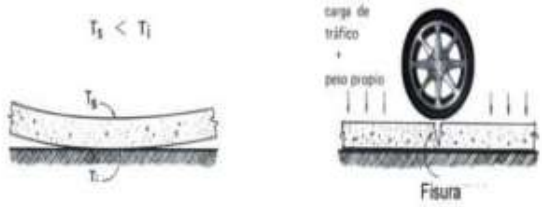


Imagen 20: Deformación de la losa durante la noche, origen de la grieta por carga
Fuente: Instituto Boliviano del cemento y hormigón

5.3.3.1. Juntas de contracción.

5.3.3.1.1. Juntas Longitudinales:

Las juntas longitudinales pueden ser de alabeo o de construcción. El objetivo básico de estas juntas es el de controlar las fisuras que se pueden presentar en los pavimentos cuando se construyen con anchos superiores a los 4,5 metros. En nuestro medio, en el cual existe la tradición de construir los pavimentos por carriles, con un ancho cercano a los 3,6 m, las juntas longitudinales son normalmente de construcción.

Cuando el pavimento que se construye no tiene confinamiento lateral, es necesario dotar las juntas longitudinales con barras de anclaje, para impedir el desplazamiento de las losas de un carril, respecto a las del otro. Los aceros, como se dijo deben cumplir con el Artículo INV 500-2022 y lo que sea aplicable del Artículo 640-2022, se admiten aceros con resistencia de 187,5 MPa (40.000 psi) y 280 MPa (60.000 psi).

El acero para colocar en forma transversal al sentido de la junta será del tipo corrugado de pequeño diámetro, conocido como barras de anclaje. Se diseñó para controlar el agrietamiento por el alabeo, para garantizar una completa unión de las caras de la junta, razón por la cual se requiere una buena adherencia entre el concreto y el acero a colocar en su caso y no alta capacidad para resistir momentos flectores y transmisión de cargas verticales.

Para el caso por ejemplo en donde el espesor de losa es de 200 mm, se colocarán barras de **Φ 12,7 m.m. (1/2") con** una longitud de 85 cm con una separación de barras de 120 cm.

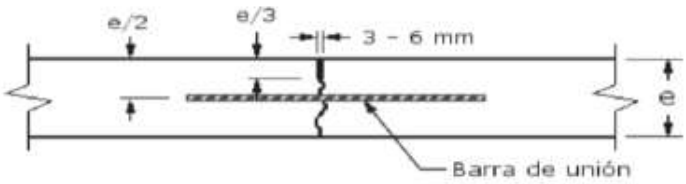


Imagen 21: Junta longitudinal de contracción con barra de anclaje o unión
Fuente: Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón - ICPA

5.3.3.1.2. Juntas Transversales:

El objetivo de colocar las juntas transversales es de controlar las fisuraciones del concreto por contracción y alabeo, por lo que la separación entre juntas no debe superar los 6 m, observando que cuando se construyen a 4,5 m permiten controlar todas las fisuras del pavimento.

Para determinar la separación de juntas transversales, se podrá tener como guía la información consignada en el cuadro No. 68 que se presenta a continuación:

Tipo de Agregado Grueso	Separación Máxima entre juntas (m)
Granito Triturado	7.5
Caliza Triturada	6.0
Grava Calcárea	6.0
Grava Silícea	4.5
Grava Menor de 19 mm (3/4")	4.5
Escoria	4.5

Cuadro No. 68: Espaciamiento de Juntas Transversales, según el tipo de agregado empleado en el concreto

Para este estudio según los datos de las canteras donde se sacarán los materiales de agregados gruesos recomendaremos tomar como separación máxima de junta de 4,5 metros.

De acuerdo con la modulación hecha para el sector típico de vía, la separación entre juntas transversales será de 3.50m

De acuerdo con el espesor calculado de placa el pasador a utilizar es una varilla de 1", de longitud de 35 cm y colocada cada 30 cm.

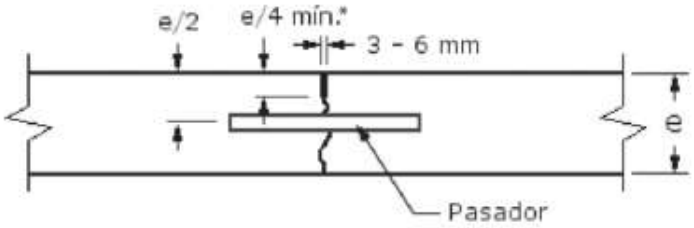


Imagen 22: Junta transversal de contracción con pasador
Fuente: Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón - ICPA

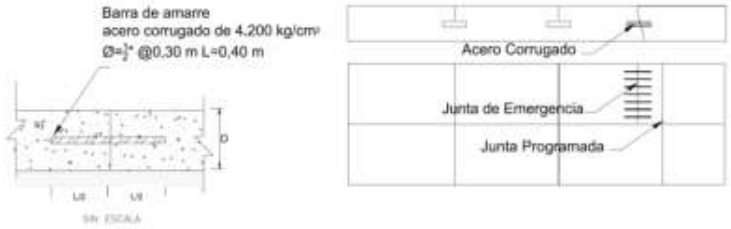
5.3.3.2. Juntas de construcción.



Nota: El diámetro, la longitud y el espaciamiento de las juntas de construcción en juntas transversales, se deben especificar con los mismos criterios de diseño de las juntas transversales de contracción.

Imagen 23: Junta de construcción.
Fuente: Planos de diseños varios

5.3.3.3. Juntas de emergencia.



Nota: Aplica cuando no coincide la junta de construcción con la de Contracción. Se debe picar la pared vertical de la junta para garantizar la adherencia de los concreto.

Imagen 24: Junta de emergencia.
Fuente: Planos de diseños varios

5.3.3.4. Juntas de expansión.



Imagen 25: Junta de expansión.
Fuente: Planos de diseños varios

5.3.3.5. Sellante de juntas.

El propósito de los selladores de juntas es minimizar la infiltración del agua superficial y de materiales incompresibles dentro de las juntas. Los selladores también disminuyen el potencial de corrosión de las barras de refuerzo, mediante la reducción de la penetración de humedad. Los selladores más utilizados son los de asfalto vertido en caliente y los de silicona. A continuación, se ilustra el corte de una junta con sellador y sus factores de forma dependiendo de la naturaleza de este.

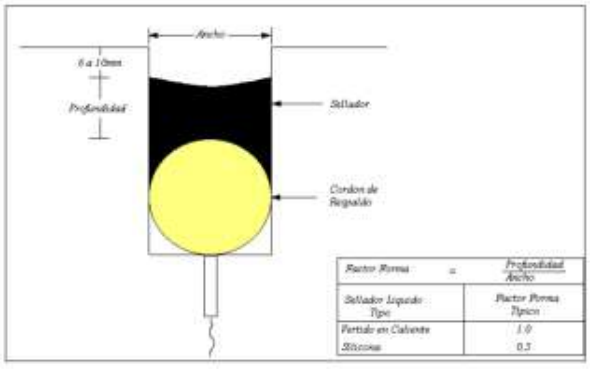


Imagen 26: Sellante de juntas

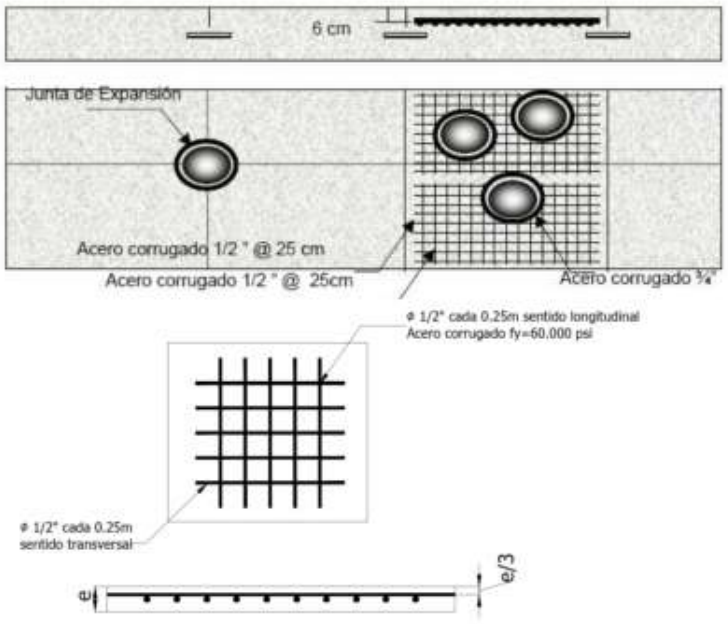
5.3.4. Losas reforzadas.

De acuerdo con el artículo 500 – 2022 - numeral 500.2.2.3, y teniendo en cuenta que puede requerirse la colocación de una o más parrillas de refuerzo como sistema para controlar la aparición de grietas, como guía general se requerirá la colocación de al menos una parrilla de refuerzo en las losas que tienen las siguientes características:

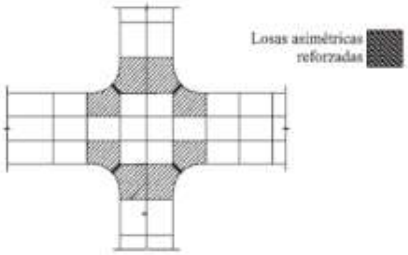
- Longitud de la losa (paralela al sentido del tránsito) superior a cinco comas cinco (5,5) veces el radio relativo de rigidez (relación entre la rigidez de la losa y la rigidez del soporte).
- Losas con relación largo/ancho mayor que uno coma veinticinco (1,25).
- Losas de forma irregular (diferente de rectangular o cuadrada).
- Losas con abertura en su interior para acomodar elementos como pozos de alcantarillado o sumideros.
- Losas en las cuales no coincidan las juntas con las losas adyacentes.
- Losas en los aproches con los puentes.

El acero de refuerzo de las losas debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa). Todos los detalles del refuerzo, como cuantía, distribución, localización, etc., deben quedar claramente definidos en los documentos del proyecto.

A continuación, se muestran algunos casos de refuerzo en losas:



REFUERZO PLACAS REFORZADAS
PARA LOSAS IRREGULARES



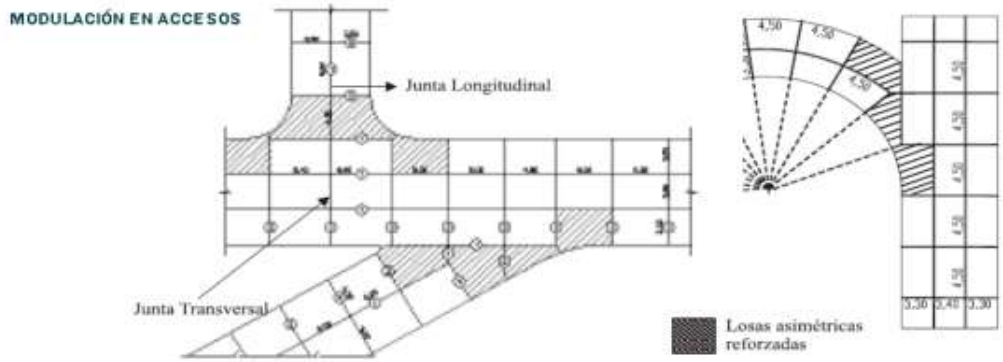


Imagen 27: ejemplos de losas reforzadas

A continuación, se mostrarán los diferentes esquemas de transición entre pavimentos asfalticos, rígidos y capas de rodadura en material granular.

5.3.4. Esquemas de transición entre tipos de pavimentos.

5.3.4.1. Esquemas de transición entre pavimentos asfalticos y rígidos.

Para que una transición presente un buen comportamiento en servicio debe cumplir las siguientes funciones:

- Facilitar una transición geométrica suave (elevación y pendiente transversal).
- Proveer un cambio gradual de la capacidad estructural del pavimento.
- Permitir los movimientos de las losas, según sea necesario.
- Minimizar los problemas asociados con el drenaje de la estructura de pavimento.
- Mantener la condición de transitabilidad.

Básicamente existen dos problemas que pueden surgir en las intersecciones de un pavimento rígido y uno flexible, a saber.

- Posible generación de deterioro en la zona de empalme de ambos pavimentos, debido a que existe un cambio abrupto en la rigidez del pavimento, que puede derivar en deformaciones sobre la superficie del pavimento flexible y la generación de fallas en el pavimento rígido.

- Crecimiento de losas, fenómeno mediante el cual las losas migran hacia el pavimento flexible, empujando la estructura asfáltica y originando crestas o lomadas en cercanías a la zona de empalme.

Para este tipo de situaciones se presentan a continuación distintas alternativas:

Alternativa 1: Consiste en ejecutar un sobre espesor de hormigón en coincidencia con la unión con el pavimento flexible, según lo mostrado en la imagen 28.

El incremento de espesor cumple en este caso dos funciones. Por un lado, aumenta la capacidad estructural del pavimento rígido en la zona de unión, compensando la falta de transferencia de carga con el pavimento contiguo, en tanto que, además, incrementa la superficie que resiste el empuje por parte del pavimento flexible, previniendo el crecimiento de las losas.

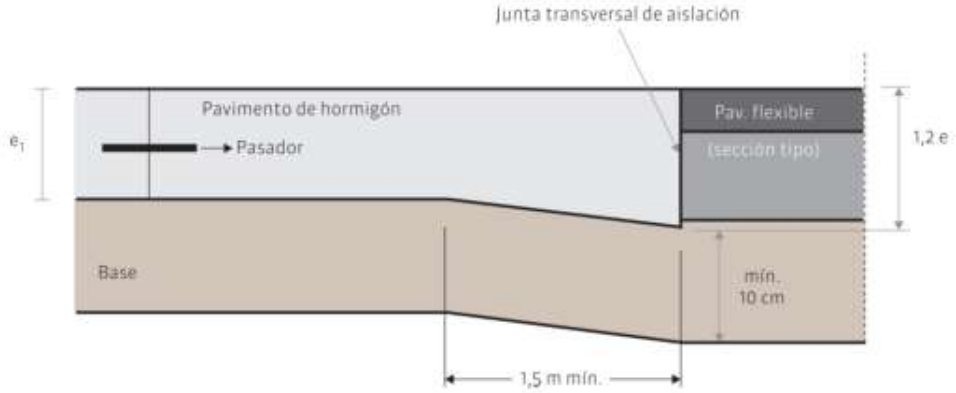


Imagen 28: Transición de pavimento rígido – pavimento flexible con bajo volumen de transito – caso 1
Fuente : Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón - ICPA

Alternativa 2: Consiste en ejecutar una losa de transición entre ambas estructuras. En esta losa de transición se materializa una estructura mixta asfalto-concreto hidráulico que permite una transición gradual entre ambas estructuras y posibilita un mejor comportamiento general en el pavimento rígido y flexible. (Ver imagen 29).

En estos casos, para evitar el reflejo de las fisuras en el pavimento flexible, se debe efectuar un borde biselado en la parte inferior de la losa de transición.

En cuanto a la base del pavimento, esté debe extenderse aproximadamente 1,50 m por debajo del pavimento flexible, para asegurar un cambio gradual y uniforme.

En lo que concierne al crecimiento o empuje de losas, para este caso la American Concrete Pavement Association recomienda (ACPA TBO19P-1997) incorporar barras de unión en las primeras tres juntas transversales de contracción , con el fin de mantenerlas unidas firmemente y evitando que migren hacia el pavimento continuo.

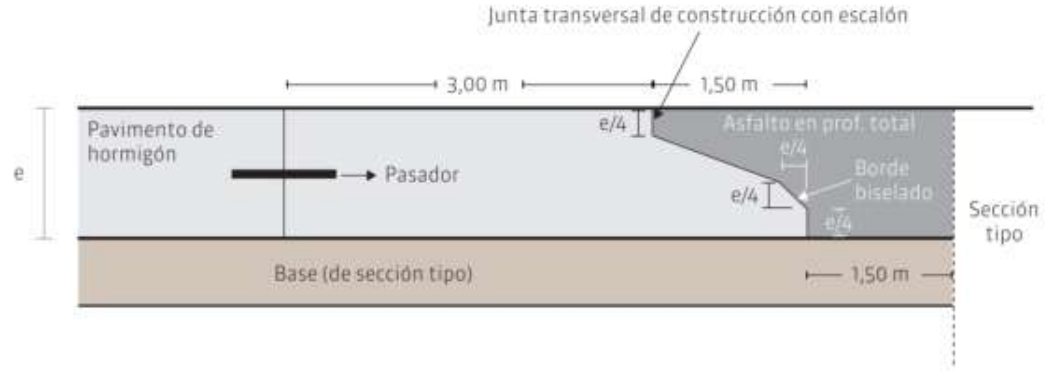


Imagen 29: Transición de pavimento rígido – pavimento flexible – caso 2
Fuente : Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón - ICPA

Alternativa 3: Esta solución se aplicará cuando se prevea un tránsito pesado continuo o frecuente y consiste una viga de coronamiento o tabique en la zona de empalme, que sirve tanto de refuerzo estructural como de elemento de contención para controlar el fenómeno de crecimiento de losas. (Ver imagen 30).

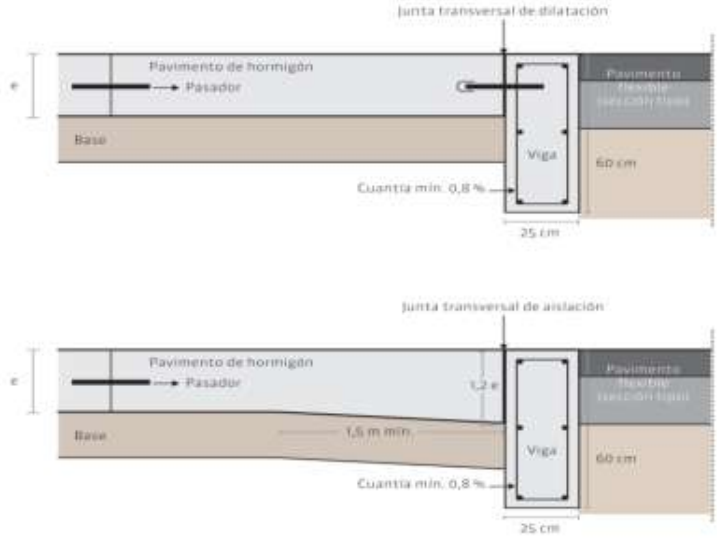


Imagen 30: Transición de pavimento rígido – pavimento flexible con elevado volumen de tránsito pesado – caso 3
Fuente : Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón – ICPA

5.3.4.2. Esquemas de transición entre pavimentos rígidos.

Cuando se encuentran dos pavimentos rígidos distintos, para lograr un buen desempeño en las zonas de empalmes es necesario efectuar la construcción de unas losas de transición entre ambas estructuras con el fin de lograr una variación gradual de las condiciones de soporte y de las deflexiones.

Si se trata de dos pavimentos de distintos espesores de calzadas, la transición se resuelve con una losa de espesor variable y un largo igual o inferior que la mayor separación entre juntas de los pavimentos que se vinculan.

Para garantizar la transferencia de carga, a los extremos de dicha losa se deben practicar juntas transversales de construcción con pasadores, en tanto que el empalme entre las capas inferiores se efectúa en proximidades de la junta, a una distancia entre 0.30m y 0.50 m.



Imagen 31. Transición entre pavimentos rígidos
Fuente : Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón – ICPA

5.3.4.3. Esquemas de transición entre pavimento rígido y zonas no pavimentadas.

Para que una transición presente un buen comportamiento en servicio debe cumplir las siguientes funciones:

- Facilitar una transición geométrica suave (elevación y pendiente transversal).
- Proveer un cambio gradual de la capacidad estructural del pavimento.
- Permitir los movimientos de las losas, según sea necesario.
- Minimizar los problemas asociados con el drenaje de la estructura de pavimento.
- Mantener la condición de transitabilidad.

Básicamente existen dos problemas que pueden surgir en las intersecciones de un pavimento rígido y zonas no pavimentadas, a saber.

- Posible generación de deterioro en la zona de empalme de ambos pavimentos, debido a que existe un cambio abrupto en la rigidez del pavimento, que puede derivar en deformaciones sobre la superficie del pavimento flexible y la generación de fallas en el pavimento rígido.

- Crecimiento de losas, fenómeno mediante el cual las losas migran hacia el pavimento granular, empujando la estructura granular y originando crestas o lomadas en cercanías a la zona de empalme.

Para este tipo de situaciones se presentan a continuación distintas alternativas:

Alternativa 1: Para zonas viales con tráficos bajos, consiste en ejecutar un sobre espesor en la junta que marcaría el fin de la zona pavimentada, con el fin de reforzar la zona y

prevenir cualquier deterioro debido al impacto de los vehículos que transiten por la misma (imagen 32).

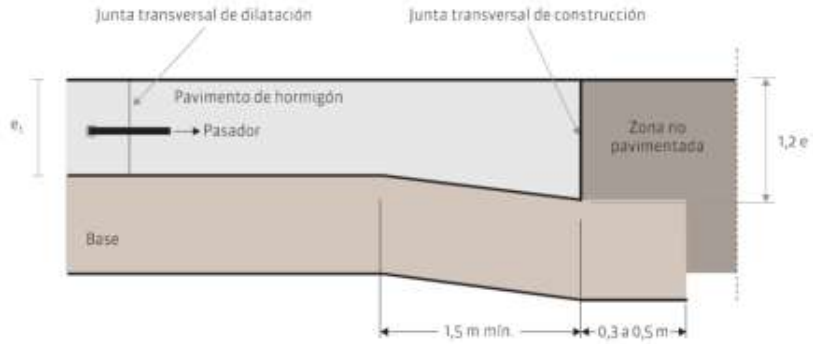


Imagen 32: Transición de pavimento rígido – con zona no pavimentada y con bajo volumen de transito – caso 1
Fuente : Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón – ICPA

Alternativa 2: Para zonas viales con tráfico pesado continuo o frecuente, consiste en construir una viga de coronamiento o tabique en la zona de empalme, que sirve tanto de refuerzo estructural como de elemento de contención para controlar el fenómeno de crecimiento de losas (imagen 33).

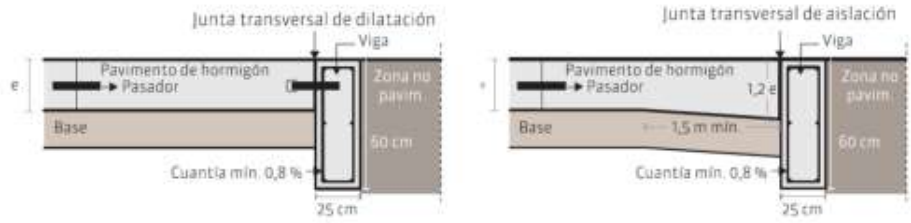
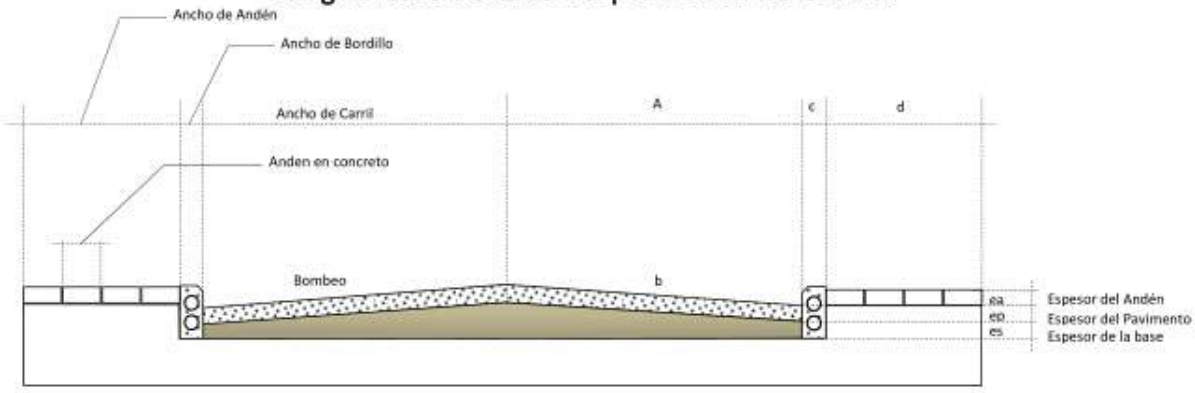


Imagen 33: Transición de pavimento rígido – con zona no pavimentada y con alto volumen de transito – caso 2
Fuente : Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón – ICPA

imagen No. 34 Diseño del perfil de la Vía Urbana



Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

UNIDAD DE DISEÑO No 1

- **Calle 20ª entre calles 13 y 14**

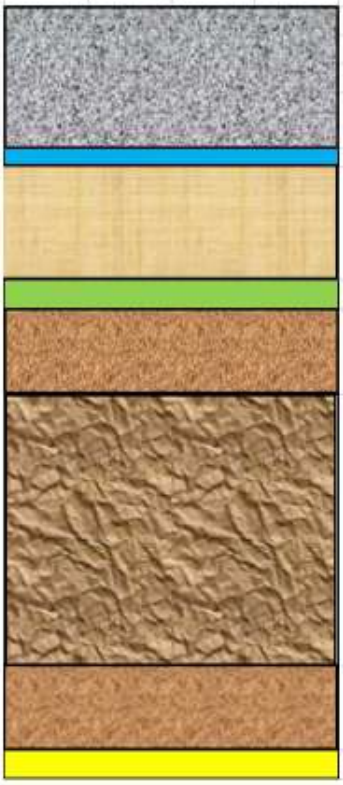
Descripción	Medida
Espesor de capa de rodadura en concreto hidráulico (MR = 4.0 MPa) (Especificación 500 -2022 INVIIAS)	0.20m
Membrana antiadherente (film de polietileno). Esta membrana se colocará en la interfaz suelo cemento y la placa de rodadura	
Espesor de capa en suelo cemento (Fc = 21 kg/ cm²) (Especificación 350-2022 INVIAS)	0.15 m
Geotextil Tejido T-2400 o similar (separación) (Especificación 231 -2022 INVIAS)	
Espesor de capa en material tipo seleccionado para renivelacion (EP4)	0.10m
Espesor de capa en piedra (ciclópea o similar) (EP3)	0.40m
Espesor de capa transición en material granular tipo seleccionado (EP2)	0.10m
Geotextil No Tejido NT-3000 o similar (separación) (Especificación 231 -2022 INVIAS)	
Ancho promedio de anden en concreto hidráulico (Fc= 3000 psi) (Especificación 630-2022 INVIAS)	1.00 m
Espesor del andén en concreto hidráulico (EP5)	0.08 m
Espesor base granular para soporte del andén (Especificación 610-2022 INVIAS)	0.20 m
Ancho del bordillo (Fc= 3000 psi) (Especificación 672-2022 INVIAS)	0.15 m
Altura del bordillo (Especificación 672-2022 INVIAS)	0.20 m
Bombeo	2%

Cuadro 69: Datos de espesores de pavimento rígido, bordillo y anden – Unidad de diseño No 1
Fuente : Propia

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

SECCION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RIGIDO



DESCRIPCION	ESPESOR (cm)
Placa de concreto hidraulico (Art. INV 500-2022)	20
Modulo de Rotura (MR) = 4.0 Mpa	
Acero Transversal : Barras de Ø = 1" liso, separado cada 30 cm y longitud de 35 cm	
Acero Longitudinal : Barra de Ø = 1/2" corrugada, separado cada 120 cm y longitud de 85 cm	
Membrana antiadherente (film de polietileno).	
Capa en suelo - cemento (Art. INV 350-2022)	15
Geotextil Tejido T-2400 o similar (separación) (Art. INV 231-2022)	
Capa en material tipo seleccionado para renivelacion (EP1)	10
Capa en piedra rajon (ciclopea) (EP2)	40
Capa en material tipo seleccionado para transicion (EP3)	10
Geotextil No Tejido NT-3000 o similar (separación) (Art. INV 231-2022)	

Imagen 36: Sección estructural de pavimento rígido-Unidad de diseño No 1
Fuente : Propia

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

CONCLUSIONES

CAPÍTULO 5 - DISEÑO ESTRUCTURAL PAVIMENTO RÍGIDO

En aras de buscar una solución acorde a las necesidades de la carretera que se desea construir, se procedió a realizar un diseño de la estructura del pavimento rígido por el **Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito para pavimento rígido – INVIAS 2008.**

De acuerdo con las características de los materiales encontrados en el sitio y que corresponde a la rasante de la vía, se han determinado una unidad de diseño para estructura en pavimento rígido.

Se definió uno (1) sector de diseño en pavimento rígido ubicado en la Calle 20A entre carreras 13 y 14, zona urbana del municipio de Baranoa, departamento del Atlántico.

De acuerdo a las características de los materiales encontrados en el sitio y que corresponde a la rasante de la vía , las condiciones urbanísticas, climáticas y de tránsito se definió trabajar diseñar uno (1) unidad de diseño la cual se muestra a continuación:

- Unidad de diseño No 1: Calle 20A entre carreras 13 y 14.

De acuerdo con las características de los materiales encontrados en el sitio y que corresponde a la rasante de la vía, es conveniente para la unidad de diseño No 1 la colocación de una estructura conformada en orden ascendente definida por una capa en material granular tipo seleccionado con funciones de transición con espesor de 10 cm, siguiendo con una capa en piedra ciclópea con 40 cm seguido de una capa en material tipo material seleccionado que cumplirá las funciones de renivelacion con una capa de 10 cm. Estas dos últimas capas servirán como sistema de mejoramiento a la subrasante. Encima de las capas de mejoramiento de la subrasante se construirá una capa en suelo cemento (Art. INV 350 - 2022) con 15 cm de espesor y por último una placa de rodadura en concreto hidráulico (Art. INV 500-2022) de 20 cm, que ayuden a mejorar la capacidad portante del suelo y su vez colabore a soportar el tránsito que se producirá en los corredores viales. En la interfaz de la capa de suelo cemento y placa de rodadura se colocará una membrana antiadherente (film de polietileno).

El pavimento por utiliza es en concreto hidráulico con especificación congruente a la resistencia a flexión a la que se someterá la carretera según un estudio de tránsito que se presenta en el presente estudio. El espesor recomendado es de 20 cm y las características del mismo es una resistencia MR = 4.0 Mpa.

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

El estudio se basa sobre el supuesto, de que los materiales a utilizar en la ejecución del proyecto cumplan con las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías – INVIAS, que es la entidad que rige normas de control y sobre las cuales está basado estos diseños y las especificaciones anexas.

Por otra parte, basándonos en lo enunciado anteriormente, se adjuntarán las especificaciones de construcción que el constructor deberá tener en cuenta a la hora de ejecutar el proyecto.

Por los valores del CBR de la rasante, fue necesario tomar unos parámetros de seguridad adicionales en el diseño de la estructura. Todo esto debido a que existe un incremento del tránsito de la vía en diferentes épocas del año, ocasionado por el cierre las vías circundantes por diferentes motivos en un momento determinado, lo que altera el tipo de carga y las proyecciones del TPD, ocasionando un incremento de las cargas sobre la estructura de pavimento.

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 5 - DISEÑO ESTRUCTURAL PAVIMENTO RÍGIDO

En el diseño propuesto, se plantean las siguientes recomendaciones:

A pesar de que el periodo de diseño se llevó para un periodo de 20 años siguiendo las recomendaciones de la Metodología, conveniente llevar una política de mantenimiento periódico y rutinario de la vía, dado que, sin esto, las curvas de deterioro de la carretera se presentarían de forma exponencial, ocasionando una afectación de la viabilidad de la carretera.

La vida útil de diseño del pavimento rígido va de la mano con un buen majeo de las aguas, por el cual deben contemplarse la construcción de estructuras de drenaje superficial tipo bordillos, ubicados en forma longitudinal al eje del corredor vial. Los bordillos deben ser construidos en concreto de Fc= 3.000 psi y una sección transversal de diseño de (15 x 20) cm y reforzados con acero de 3/8" tanto para el acero longitudinal como para los estribos.

Se recomienda colocar entre la interfase subrasante y capa de transición un geotextil no tejido del tipo NT PAVCO 3000 o similar que cumplirá con la especificación particular del proveedor y con el Artículo 231-2022 de las especificaciones INVIAS.

Se recomienda para la unidad de diseño estipulada colocar en la interfase entre capa de renivelacion y capa tipo suelo cemento un geotextil no tejido tipo PAVCO 2400 o similar, que cumplirá con la especificación particular del proveedor y con el Artículo 231-2022 de las especificaciones INVIAS. Para que un Geotextil cumpla correctamente la función de separación entre un suelo subrasante y una capa de material granular, el CBR de la subrasante debe estar entre 4% y 10%. Este geotextil cumplirá los traslapos solicitados por los fabricantes y se contará en la obra con una asesoría permanente de los fabricantes y distribuidores. La función básica de este geotextil es servir de separación y evitar posibles contaminaciones en el material granular, otorgándole mayor durabilidad a la estructura de pavimento.

Se recomienda colocar en la interfase capa suelo – cemento y placa de rodadura en concreto hidráulico, una membrana antiadherente como un film de polietileno. Este film de polietileno se coloca con el fin de contrarrestar las fisuras que se generen en la capa cementada por contracción por secado y que se reflejarían en la placa de rodadura. El film de polietileno se le recomienda hacerle perforaciones cada 30 cm con el fin de permitir el percole del agua desde el fondo de la losa. Las perforaciones deben de hacerse cuando el film se encuentra plegado o enrollado. La anterior recomendación técnica se toma en base a lo registrado por el ICPA.

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

El concreto se recomienda que sea premezclado, suministrado por plantas de producción certificadas y en el cual se deben cumplir las especificaciones de diseño. Este se vaciará en secciones longitudinales de un ancho igual a un carril como procedimiento propuesto. En caso de que se decida vaciar el concreto hidráulico premezclado a un ancho que abarque la calzada vehicular se dispondrán de los controles técnicos (topográficos) y de personal que conozca del procedimiento constructivo.

Es bueno recordar que de la calidad y colocación de la formaleta dependen el espesor de las losas, (puesto que un centímetro menos de espesor en ellas puede reducir la vida útil de la estructura a la mitad), la regularidad superficial y el control de los consumos de concreto.

Recomendaciones para colocación de formaletas:

- Tenga la formaleta instalada acorde con la capacidad de colocación para la jornada de trabajo.
- Revise la alineación de la formaleta con respecto al trazado geométrico de la vía con una comisión topográfica.
- Garantice la formaleta y su rigidez con respecto al tipo de equipo de colocación y acabado a utilizar.
- Utilice desmoldante sobre la formaleta y verifique que esté libre de contaminación. Identifique sobre la formaleta las zonas de canastillas y corte.

Recomendaciones para actividades de pasadores de carga:

- Revise el diámetro, longitud y separación de los pasadores según el diseño. Garantice el almacenamiento de las canastillas para que no se afecten por la intemperie.
- Garantice la alineación de los pasadores y su localización para que coincida con las juntas y no se generen efectos de amarre.
- Verifique que no queden elementos que restrinjan el movimiento de las losas por la colocación de las canastillas. (revise que los rigidizadores de las canastillas sean cortados).
- Una inadecuada colocación de los pasadores genera pérdida de transferencia de carga, mayores esfuerzos en los bordes de las losas y fisuras por amarre de losas (restricción de movimiento).

Cuando se empleen reglas vibratorias o terminadoras de rodillos para la compactación y nivelación de la capa de rodadura en concreto hidráulico, resulta obligatorio complementar la densificación con vibradores de inmersión, con el fin de asegurar una correcta compactación del concreto hidráulico en la porción inferior y en los laterales.

Recomendaciones generales durante la descarga y conformación de la losa en concreto hidráulico:

- Revise que el suministro de concreto se ajuste al rendimiento del equipo de colocación para evitar detenciones durante el vaciado. La calidad del concreto se verá afectada en tiempos de espera muy altos.
- Realice los procedimientos de control sobre el concreto, (viguetas, cilindros, etc.) estipulados en las especificaciones del proyecto o las normas técnicas de referencia.

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

- Verifique que el asentamiento del concreto en cada vehículo esté acorde con las especificaciones y equipo de colocación seleccionado.
- Humedezca la base antes del vaciado. Mantenga un estricto control del espesor de la losa durante el proceso de colocación y la descarga.
- Mantenga medidas de contingencia que protejan la superficie de lluvia.
- Inmediatamente después de pasar el equipo de colocación, verifique la regularidad superficial de las losas; es en este momento donde podrá tomar decisiones correctivas que más adelante darán estabilidad a su obra.

Durante la ejecución de las actividades de acabado en la superficie del concreto hidráulico NO se debe rociar dicha superficie fresca con agua para facilitar las tareas de terminación. Esta práctica errónea, muy común en las cuadrillas de pavimentación, afectan la relación agua/cemento en la superficie, dando como resultado una superficie débil y propensa a un rápido desgaste y descascaramientos.

Para un óptimo acabado, es indispensable la realización de microtexturizado con el fin de evitar deslizamiento de los vehículos, un macrotexturizado para garantizar la circulación de los vehículos. Su reacción debe hacerse cuando el concreto este suficientemente plástico para ser texturizado, pero lo suficientemente fraguado para evitar que el concreto fluya hacia los surcos que se van dejando.

No olvide que un buen acabado superficial garantiza la adherencia entre las llantas y el pavimento, reduciendo el riesgo de accidentes.

Recomendaciones para actividades de acabado superficial en la placa de rodadura en concreto hidráulico:

- No permita que se adicione agua a la superficie del concreto con el fin de "facilitar el acabado"; esto alterará las características y comportamiento superficial de la losa.
- Pida al operario que estime el tiempo adecuado para pasar cada uno de los equipos de acabado, de acuerdo con su experiencia, el conocimiento del comportamiento del concreto y de las variables que afectan el acabado superficial, como la temperatura, humedad, viento, entre otras.
- Verifique la profundidad de las estrías y el espaciado del texturizado; aleje el texturizado al menos 3 cms. de las juntas para evitar desportillamiento.

Allanar las imperfecciones superficiales y obturar los poros del concreto, para de esta manera no generar oquedades.

El curado debe realizarse inmediatamente después del texturizado mediante un curador que puede ser del antisol rojo en base de agua (SIKA) o similar; y posterior a la evaporación de este, realizar constante humedecimiento de este con agua, para de esta manera garantizar la resistencia del concreto. El curado con agua se recomienda se haga durante siete días, tres veces al día.

Recomendaciones para actividades de protección y curado en la placa de rodadura en concreto hidráulico:

- El curado garantiza el desarrollo adecuado de la resistencia del concreto.
- Garantice un curado uniforme y continuo; en el caso de usar compuesto curador o algún producto aprobado, aplique una capa uniforme del mismo y no olvide todas las caras expuestas del concreto.
- Proteja el concreto con barreras de viento para evitar la contracción plástica. Si se considera necesario es recomendable utilizar retardantes de evaporación superficial. (recuerde que estos no reemplazan compuestos o membranas de curado).

Las juntas como se enuncia en el informe, estas deben realizarse tan pronto el equipo de corte pueda apoyarse, no exceder más de 6 horas después del vaciado, para garantizar que no se presenten fisuramientos de contracción.

Recomendaciones para actividades de corte y sello de juntas:

- La modulación de las juntas se debe realizar de acuerdo con el diseño.
- La ventana de corte varía en función del tipo de concreto y de las características ambientales reinantes en la obra. En todo caso es prudente iniciar el corte de las juntas inmediatamente después del fraguado final del concreto.
- Disponga de cortadoras de respaldo ante fallas inesperadas.
- Verifique las dimensiones y alineaciones de los cortes.
- Revise las condiciones ambientales ante las cuales varían los tiempos para corte.
- Limpie las juntas después de ser aserradas. Verifique la ubicación del cordón de respaldo. Consulte con el diseñador el tipo de sello a usar y recomendado según las premisas de este.
- Valide con su proveedor las condiciones para colocación del sello y el tiempo recomendado para ello.
- No permita en edades tempranas la circulación sobre el pavimento de ningún tipo de maquinaria hasta que ésta haya ganado la resistencia mínima para este fin. (consulte con su diseñador). No acopie materiales que puedan entrar en las juntas, sobre las losas sin sellos.

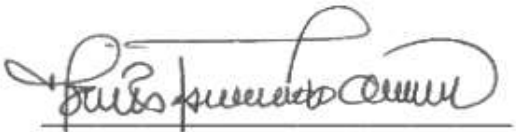
La apertura de tráfico sobre el pavimento se dará cuando el último concreto suministrado en la longitud total del pavimento cumpla con la resistencia de diseño ó cuando esta sea mayor al 80% de la resistencia a los 28 días.

Se recomienda que las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento rígido se ciñan a las normas y especificaciones de Construcción del Instituto Nacional de Vías.

De igual manera es conveniente que al final del proyecto de construcción se tomen deflectometrias de la vía, para poder tener parámetros de comparación en futuro a la hora de realizar controles sobre el estado de la estructura.

Es importante que el ente territorial cuente con programas de mantenimiento rutinario y periódico en especial para las juntas longitudinales y transversales en temas de reparación de los sellos que se aplican en ellas. Con lo anterior se busca darle mejores expectativas de vida útil al pavimento rígido.

Por último, es importante el presente documento tiene una serie de limitaciones, como son: El tránsito atraído, que se tomó una información de campo en un periodo donde no se puede asumir con exactitud si el comportamiento real de esta vía. Además, no es posible saber si el interventor lleve a cabo los controles necesarios en la ejecución del proyecto.



Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en ingeniería de pavimentos
Mat No 082027368-7 ATL

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

ANEXO No 1
FICHAS DE CONTEOS VEHICULARES

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

MEJORAMIENTO VIAL CON ESTRUCTURA EN PAVIMENTO RÍGIDO UBICADA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

AFORO No 1

LUGAR: CALLE 20A CON CARRERA 13 - CASCO URBANO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

5/01/2026

DIA	CATEGORIAS											TOTALES
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Automoviles, taxis, camperos, pick-up y microbuses	Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	Camion C2P	Camion C2G	Camion C3	Camion C2S1 (antes C4)	Camion C3S2 (antes C5)	Camion C3S3 (antes >C5)	
24-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
9-10	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	3
10-11	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3
11-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
13-14	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
14-15	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
15-16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
16-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	4	0	0	0	0	4	5	1	0	0	0	14



Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en ingeniería de pavimentos
Mat No 082027368-7 ATL

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

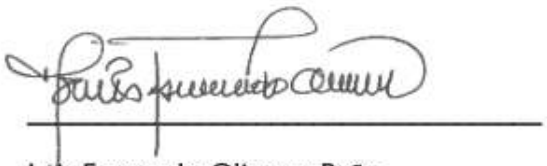
MEJORAMIENTO VIAL CON ESTRUCTURA EN PAVIMENTO RÍGIDO UBICADA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

AFORO No 2

LUGAR: CALLE 20A CON CARRERA 13 - CASCO URBANO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

6/01/2026

DIA	CATEGORIAS											TOTALES
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Automoviles, taxis, camperos, pick-up y microbuses	Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	Camion C2P	Camion C2G	Camion C3	Camion C2S1 (antes C4)	Camion C3S2 (antes C5)	Camion C3S3 (antes >C5)	
24-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-10	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	4
10-11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
11-12	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	4
12-13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
13-14	1	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	5
14-15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
15-16	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
16-17	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4
17-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	7	0	0	0	0	7	6	2	0	0	0	22



Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en ingeniería de pavimentos
Mat No 082027368-7 ATL

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

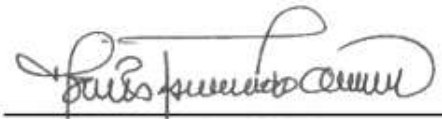
MEJORAMIENTO VIAL CON ESTRUCTURA EN PAVIMENTO RÍGIDO UBICADA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

AFORO No 3

LUGAR: CALLE 20A CON CARRERA 13 - CASCO URBANO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

7/01/2026

DIA	CATEGORIAS											TOTALES
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Automoviles, taxis, camperos, pick-up y microbuses	Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	Camion C2P	Camion C2G	Camion C3	Camion C2S1 (antes C4)	Camion C3S2 (antes C5)	Camion C3S3 (antes >C5)	
24-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-10	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	4
10-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	4
12-13	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
13-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
15-16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
16-17	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	4
17-18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	10	0	0	0	0	5	4	0	0	0	0	19



Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en ingeniería de pavimentos
Mat No 082027368-7 ATL

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

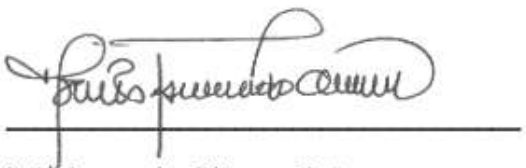
MEJORAMIENTO VIAL CON ESTRUCTURA EN PAVIMENTO RÍGIDO UBICADA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

AFORO No 4

LUGAR: CALLE 20A CON CARRERA 13 - CASCO URBANO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

8/01/2026

DIA	CATEGORIAS											TOTALES
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Automoviles, taxis, camperos, pick-up y microbuses	Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	Camion C2P	Camion C2G	Camion C3	Camion C2S1 (antes C4)	Camion C3S2 (antes C5)	Camion C3S3 (antes >C5)	
24-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-9	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
9-10	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	4
10-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5
12-13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
13-14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14-15	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3
15-16	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	4
16-17	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
17-18	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
18-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	11	0	0	0	0	4	5	4	0	0	0	24



Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en ingeniería de pavimentos
Mat No 082027368-7 ATL

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

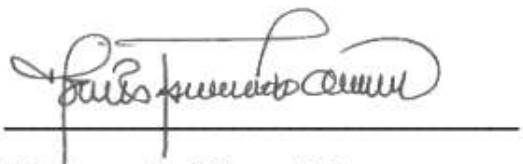
MEJORAMIENTO VIAL CON ESTRUCTURA EN PAVIMENTO RÍGIDO UBICADA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

AFORO No 5

LUGAR: CALLE 20A CON CARRERA 13 - CASCO URBANO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

9/01/2026

DIA	CATEGORIAS											TOTALES
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Automoviles, taxis, camperos, pick-up y microbuses	Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	Camion C2P	Camion C2G	Camion C3	Camion C2S1 (antes C4)	Camion C3S2 (antes C5)	Camion C3S3 (antes >C5)	
24-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-9	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
9-10	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3
10-11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11-12	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5
12-13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
13-14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
14-15	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4
15-16	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3
16-17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17-18	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4
18-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	14	0	0	0	0	6	4	3	0	0	0	27



Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en ingeniería de pavimentos
Mat No 082027368-7 ATL

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

MEJORAMIENTO VIAL CON ESTRUCTURA EN PAVIMENTO RÍGIDO UBICADA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

AFORO No 6

LUGAR: CALLE 20A CON CARRERA 13 - CASCO URBANO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

10/01/2026

DIA	CATEGORIAS											TOTALES
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Automoviles, taxis, camperos, pick-up y microbuses	Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	Camion C2P	Camion C2G	Camion C3	Camion C2S1 (antes C4)	Camion C3S2 (antes C5)	Camion C3S3 (antes >C5)	
24-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-9	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
9-10	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
10-11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11-12	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	4
12-13	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
13-14	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
14-15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
15-16	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3
16-17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
17-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	12	0	0	0	0	7	5	0	0	0	0	24



Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en ingeniería de pavimentos
Mat No 082027368-7 ATL

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

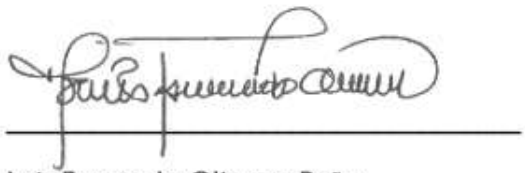
MEJORAMIENTO VIAL CON ESTRUCTURA EN PAVIMENTO RÍGIDO UBICADA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

AFORO No 7

LUGAR: CALLE 20A CON CARRERA 13 - CASCO URBANO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

11/01/2026

DIA	CATEGORIAS											TOTALES
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Automoviles, taxis, camperos, pick-up y microbuses	Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	Camion C2P	Camion C2G	Camion C3	Camion C2S1 (antes C4)	Camion C3S2 (antes C5)	Camion C3S3 (antes >C5)	
24-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9-10	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
10-11	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4
11-12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
12-13	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
13-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4
15-16	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3
16-17	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
17-18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	10	0	0	0	0	5	4	0	0	0	0	19



Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en ingeniería de pavimentos
Mat No 082027368-7 ATL

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com

Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Pavimentos

MEJORAMIENTO VIAL CON ESTRUCTURA EN PAVIMENTO RÍGIDO UBICADA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

AFORO No 8

LUGAR: CALLE 20A CON CARRERA 13 - CASCO URBANO DE BARANOA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.

12/01/2026

DIA	CATEGORIAS											TOTALES
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Automoviles, taxis, camperos, pick-up y microbuses	Busetas (5.5 a 8.5 toneladas)	Busetas (8.0 a 11.0 toneladas)	Bus intermunicipal de dos ejes (12.0 a 14.5 toneladas)	Bus intermunicipal de tres ejes (17.5 a 20.5 toneladas)	Camion C2P	Camion C2G	Camion C3	Camion C2S1 (antes C4)	Camion C3S2 (antes C5)	Camion C3S3 (antes >C5)	
24-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-9	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	4
9-10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
10-11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11-12	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5
12-13	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	0	5
13-14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14-15	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
15-16	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3
16-17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
17-18	1	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	5
18-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	13	0	0	0	0	9	7	2	0	0	0	31



Luis Fernando Olivares Peña
Ingeniero Civil
Especialista en ingeniería de pavimentos
Mat No 082027368-7 ATL

Celular: 3015953292
E-mail: olivaresluifer@hotmail.com