Continuación Diseño Geométrico

4.1.2. Software de diseño utilizado.

Adicionalmente para la elaboración del diseño geométrico se utilizó principalmente el programa de diseño de ingeniería AutoCAD Civil 3D 2019 y herramientas informáticas para la realización automatizada de cálculos, búsqueda, transformación de coordenadas y otras actividades tales como Microsoft Excel y Google earth.

5. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO.

Las vías cuentan con una topografía plana ya que sus pendientes longitudinales y transversales son relativamente bajas.

5.1. Características propuestas de diseño geométrico de la vía.

De acuerdo con los lineamientos de diseño, las limitantes correspondientes a paramentos y pavimentos existentes, se definen las siguientes características:

Clasificación de la Vía:	Vías urbanas predominante planas.
Longitud de Diseño:	304.611 m
Velocidad de Diseño:	30 km/h
Velocidad de Especifica:	30 km/h
Ancho de Carril:	3.00 m
Bombeo Normal (BN):	2.00%

Tabla 2. Características de las vías.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

5.2. Velocidad de diseño y clasificación de la carretera.

En el proceso de asignación de la velocidad de diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

También se busca garantizar la consistencia en la velocidad, debe identificarse a lo largo del corredor de ruta a los que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad.

La velocidad de diseño se determina con base al tipo del terreno y a la categoría de la vía.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano							▨	▨	▨	▨
	Ondulado							▨	▨	▨	▨
	Montañoso						▨	▨	▨	▨	
	Escarpado						▨	▨	▨		
Primaria de una calzada	Plano							▨	▨	▨	
	Ondulado						▨	▨	▨		
	Montañoso					▨	▨	▨			
	Escarpado					▨	▨	▨			
Secundaria	Plano					▨	▨	▨			
	Ondulado				▨	▨	▨				
	Montañoso			▨	▨	▨	▨				
	Escarpado			▨	▨	▨					
Terciaria	Plano			▨							
	Ondulado		▨	▨							
	Montañoso	▨	▨	▨							
	Escarpado	▨	▨								

Tabla 3. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.
Fuente: Tabla 2.1 M.D.G. INVIAS

La vía a diseñar está constituida por un terreno plano y está localizada en el casco urbano de municipio, que podría ser clasificada como de categoría terciaria de una sola calzada. La velocidad de diseño para estas especificaciones es de 40 Km/hr, sin embargo, por tratarse de vías urbanas con vías que la interceptan y con flujo de vehículos considerable se limita a 30 Km/hr.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

5.3. Velocidad especifica de la curva horizontal.

Para asignar la Velocidad Específica (VCH) a las curvas horizontales incluidas en un tramo homogéneo, se considera como parámetro la velocidad de diseño del Tramo homogéneo (VTR) en que se encuentra la curva horizontal.

La Velocidad Específica de las curvas horizontales (VCH) no puede ser menor que la velocidad de diseño del tramo (VCH ≥ VTR) ni superior a ésta en veinte kilómetros por hora (VCH ≤ VTR + 20). Por lo tanto, la velocidad específica se encuentra en 30 Km/hr.

5.4. Selección del radio de curvatura mínimo y peralte máximo

El radio mínimo (RC mín.) se adopta para el límite de curvatura para una Velocidad Específica (VCH) de acuerdo con el peralte máximo (e máx.) y el coeficiente de fricción transversal máxima (fT máx.).

El radio mínimo de curvatura será usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores.

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
40	8,0	0,23	0,31	40,6	41
50	8,0	0,19	0,27	72,9	73
60	8,0	0,17	0,25	113,4	113
70	8,0	0,15	0,23	167,8	168
80	8,0	0,14	0,22	229,1	229
90	8,0	0,13	0,21	303,7	304
100	8,0	0,12	0,20	393,7	394
110	8,0	0,11	0,19	501,5	501
120	8,0	0,09	0,17	667,0	667
130	8,0	0,08	0,16	831,7	832

Tabla 4. Radios mínimos para peralte máximo e máx=8% y fricción máxima
Fuente: Tabla 3.3 M.D.G. INVIAS

De acuerdo con la velocidad específica se determina un radio mínimo de 21 m en caso de ser necesaria la realización de curvas.

5.5. Cálculo de la rasante y curvas verticales.

Para la determinación de las curvas verticales ya sean simétricas o asimétricas, cóncavas o convexas se deben considerar diferentes criterios

- **Criterio de seguridad:** Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada (DP). Es pertinente manifestar que en algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales que satisfagan la distancia de visibilidad de adelantamiento (Da).

- **Criterio de operación:** Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

- **Criterio de drenaje:** Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa, en su parte central resulte muy plana dificultándose el drenaje de la calzada. Resaltando que el parámetro a utilizar para el cálculo de las curvas circulares en el presente estudio es el parámetro K, ya que la adopción de este valor tiene como finalidad garantizar unas mínimas condiciones de estética a las carreteras, y por consiguiente de comodidad para los usuarios.

El diseño vertical se definió con base al nivel superior de la rasante de pavimento, ajustándose lo mejor posible a la topografía actual del terreno y mejorando las condiciones en la zona, de acuerdo con los puntos obligados como lo son los

pavimentos ya construidos, y los puntos bajos de drenaje del agua.

El diseño de curvas verticales se realizó con base al parámetro K, de igual manera buscando la mejor condición al terreno y mejora en la visibilidad de parada. Se define una pendiente mínima del 0.20%, teniendo en cuenta el comportamiento de la escorrentía en la zona y la topografía mayormente plana. El diseño planteado busca garantizar el buen recorrido de las escorrentías superficiales a puntos claves de estructuras hidráulicas existentes o por construir.

En algunas abscisas se realizó las mejoras del alineamiento vertical para proporcionar condiciones adecuadas de visibilidad, comodidad y seguridad a los usuarios de la vía.

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CV} (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	VALORES DE $K_{mín}$				LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m)
		CURVA CONVEXA		CURVA CÓNCAVA		
		CALCULADO	REDONDEADO	CALCULADO	REDONDEADO	
20	20	0.6	1.0	2.1	3.0	20 (1)
30	35	1.9	2.0	5.1	6.0	20 (1)
40	50	3.8	4.0	8.5	9.0	24
50	65	6.4	7.0	12.2	13.0	30
60	85	11.0	11.0	17.3	18.0	36
70	105	16.8	17.0	22.6	23.0	42
80	130	25.7	26.0	29.4	30.0	48
90	160	38.9	39.0	37.6	38.0	54
100	185	52.0	52.0	44.6	45.0	60
110	220	73.6	74.0	54.4	55.0	66
120	250	95.0	95.0	62.8	63.0	72
130	285	123.4	124.0	72.7	73.0	78

Tabla 6. Valores de K mín. para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales.
Fuente: Tabla 4.4 M.D.G. INVIAS.

El valor de K min seleccionado para curvas convexas es 2 y para curvas cóncavas es 6.

5.6. Diseño transversal, ancho de calzada y bombeo.

Se indica el ancho de la calzada en función de la categoría de la carretera, del tipo de terreno y de la velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR).

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V_{TR}) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

Ancho de calzada en metros.
Fuente: Tabla 5.2 M.D.G. INVIAS.

El ancho seleccionado es de 6.00 m para una vía terciaria de una calzada en terreno plano, sin embargo, por limitaciones de espacio se considera un ancho de 5.50 m.

En la siguiente tabla se indica la inclinación transversal denominada bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura:

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2 – 3
Superficie de tierra o grava	2 – 4

Tabla 8. Determinación del bombeo de la vía a diseñar.
Fuente: Tabla 5.3 M.D.G. INVIAS.

Para el presente estudio geométrico se adopta un doble bombeo de -2.00%.

5.7. Rotación de la calzada respecto al eje de la carretera.

El método más empleado en el diseño de carreteras, consiste en girar el pavimento de alrededor de su línea central, permitiendo un desarrollo más armónico y generando menor distorsión de los bordes de la corona.

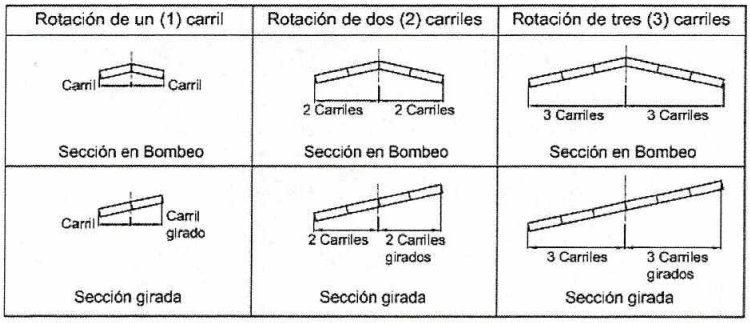


Figura 14. Calzada girada alrededor del eje.
Fuente: Manual Diseño Geométrico de Vías INVIAS.

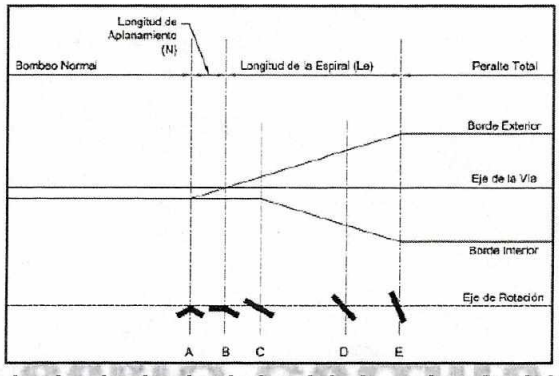


Figura 15. Calzada girada alrededor del eje en longitud de transición.
Fuente: Manual Diseño Geométrico de Vías INVIAS.

5.8. Secciones transversales típicas de diseño.

A continuación, se presenta la sección típica utilizada en el diseño de la vía:

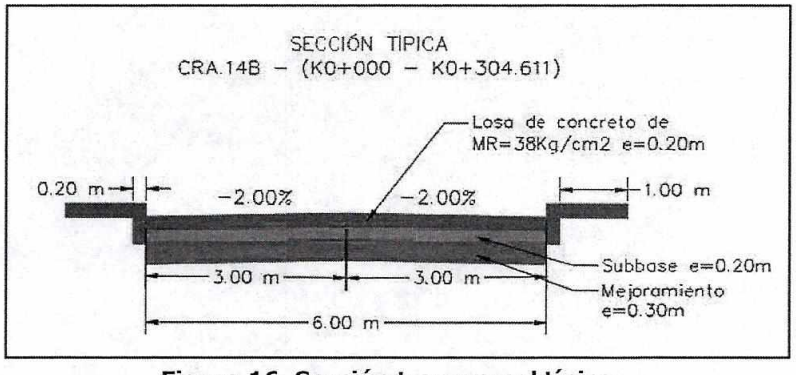


Figura 16. Sección transversal típica.
Fuente: laborada por la presente consultoría.

6. ANEXOS.

En los anexos 1, 2 y 3 se pueden observar las características.

- Cotas del terreno natural.
- Cotas de diseño.
- Ancho de las calzadas.
- Bombeo seleccionado.
- Espesores del diseño de pavimento.
- Diagrama de cotas transversales.
- Volumen de Excavación y Relleno

7. CONCLUSIONES.

Al realizar el presente informe se generan las siguientes conclusiones:

- Los parámetros de diseño de la vía se determinan a partir de la velocidad de diseño de 30 Km/h, ajustándose el diseño al manual de diseño geométrico del INVIAS y en algunos casos a las condiciones actuales de las vías.
- Se diseña la vía para un ancho de 5.50 m.
- Se utiliza un andén de 1.20 m de ancho.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

8. RECOMENDACIONES.

Al realizar el presente informe se generan las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda durante el proceso de localización y replanteo, conservar el mismo sistema de coordenadas y hacer uso de los puntos de control materializados en campo con la finalidad de conservar el mismo sistema de elevaciones que aparece en las carteras de control y localización.
- Se recomienda conservar las pendientes longitudinales planteadas en el presente informe durante el proceso constructivo, ya que la información fue recolectada del levantamiento topográfico, reflejada en un plano de donde se pudo observar las direcciones de flujo de escorrentías superficiales.
- Se recomienda que el bordillo del lado derecho, el cual va paralelo al canal existente, sea construido vaciado en el sitio, y que cubra la totalidad de la altura de la estructura del pavimento, sobresaliendo 0.20 m.

9. BIBLIOGRAFÍA.

Como parte de este estudio se utilizó la siguiente bibliografía:

- Instituto geográfico Agustín Codazzi, "Estudio general de suelos y zonificación de tierras – Departamento de Córdoba". Imprenta nacional de Colombia, Bogotá D.C. 2009.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- González Vallejo, "Ingeniería geológica", editorial: PRENTICE HALL.
- Manual de diseño geométrico de carreteras, INVIAS. 2008.

10.LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

El presente documento se elabora en función de unas condiciones de tránsito adoptadas y consideraciones particulares de los suelos y capas existentes. Es indispensable que durante las obras se lleven a cabo los controles de calidad del caso, en cuanto a idoneidad de los materiales y garantizar los espesores del diseño. Cualquier cambio que se realice sin previo conocimiento por parte del consultor durante las obras no garantizará tales situaciones.

En los casos en que las verificaciones durante la etapa de obra arrojen la conclusión de que los supuestos de diseño se han alterado, deberá llevarse a cabo el correspondiente proceso de ajuste de los diseños, de modo que éstos se validen.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

PABLO CASTILLA NEGRETE
Ingeniero Civil
Especialista en mecánica de suelos y cimentaciones.
Especialista en ingeniería ambiental.
Especialista en Prevención, atención y reducción de desastres.
Especialista en gerencia para ingenieros.
M.P. 1320251172BLV
Montería, diciembre de 2021.

ANEXO 1.
CARTERA DE VOLÚMENES

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

CANTIDADES DE CORTE Y RELLENO

Localización:	PAVIMENTO BARRIO LA FLORESTA					
Abscisa inicial:	K0+000,00		Abscisa final:	K0+304,61		
ABSCISA	VOLUMEN DE CORTE			VOLUMEN DE RELLENO		
	Área de corte (m2)	Volumen de corte (m3)	Volumen de corte acumulado (m3)	Área de relleno (m2)	Volumen de relleno (m3)	Volumen de relleno acumulado (m3)
0+000.000	4,75	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
0+020.000	4,58	93,29	93,29	0,00	0,22	0,22
0+040.000	7,03	116,08	209,37	0,00	0,00	0,22
0+060.000	7,52	145,50	354,87	0,00	0,00	0,22
0+080.000	5,53	130,46	485,34	0,00	0,00	0,22
0+100.000	5,59	111,22	596,56	0,00	0,00	0,23
0+120.000	5,11	107,00	703,57	0,00	0,00	0,23
0+140.000	4,61	97,15	800,71	0,00	0,06	0,29
0+160.000	6,33	109,44	910,16	0,00	0,07	0,36
0+180.000	5,97	123,65	1033,81	0,00	0,00	0,36
0+200.000	5,78	117,53	1151,34	0,00	0,00	0,36
0+220.000	5,43	112,09	1263,42	0,00	0,05	0,41
0+240.000	5,11	105,37	1368,80	0,00	0,10	0,51
0+260.000	6,47	115,77	1484,57	0,00	0,04	0,55
0+280.000	10,52	169,60	1654,17	0,00	0,03	0,59
0+300.000	4,09	146,48	1800,65	0,05	0,49	1,08
0+304.611	4,79	20,45	**1821,10**	0,02	0,15	**1,23**

ANEXO 2.
CONTROL DE BORDES

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Informe de líneas características

Nombre de obra lineal: OBRA LINEAL CRA.14B
Descripción:
Nombre de alineación base: EJE CRA.14B
Intervalo de P.K.: Inicial: 0+000.00, Final: 0+304.61

	ETW Izquierda			Generatriz interior superior			ETW Derecha		
P.K.	Abscisa	Ordenada	Elevación	Abscisa	Ordenada	Elevación	Abscisa	Ordenada	Elevación
0+000.00	1.132.223,02	1.460.014,51	17,25	1.132.225,54	1.460.012,88	17,31	1.132.228,06	1.460.011,25	17,25
0+010.00	1.132.228,44	1.460.022,91	17,21	1.132.230,96	1.460.021,28	17,27	1.132.233,48	1.460.019,65	17,21
0+020.00	1.132.233,87	1.460.031,31	17,17	1.132.236,39	1.460.029,68	17,23	1.132.238,91	1.460.028,05	17,17
0+030.00	1.132.239,30	1.460.039,71	17,13	1.132.241,82	1.460.038,08	17,19	1.132.244,34	1.460.036,45	17,13
0+040.00	1.132.244,20	1.460.048,19	17,08	1.132.246,82	1.460.046,73	17,14	1.132.249,45	1.460.045,28	17,08
0+050.00	1.132.249,06	1.460.056,93	17,04	1.132.251,68	1.460.055,47	17,10	1.132.254,31	1.460.054,01	17,04
0+060.00	1.132.253,92	1.460.065,67	17,00	1.132.256,55	1.460.064,21	17,06	1.132.259,17	1.460.062,75	17,00
0+070.00	1.132.258,78	1.460.074,41	16,96	1.132.261,41	1.460.072,95	17,02	1.132.264,03	1.460.071,49	16,96
0+080.00	1.132.263,65	1.460.083,15	16,92	1.132.266,27	1.460.081,69	16,98	1.132.268,89	1.460.080,23	16,92
0+090.00	1.132.268,01	1.460.091,89	16,92	1.132.270,74	1.460.090,63	16,98	1.132.273,46	1.460.089,37	16,92
0+100.00	1.132.272,54	1.460.100,92	16,94	1.132.275,22	1.460.099,57	17,00	1.132.277,90	1.460.098,22	16,94
0+110.00	1.132.277,03	1.460.109,85	16,96	1.132.279,71	1.460.108,50	17,02	1.132.282,39	1.460.107,15	16,96
0+120.00	1.132.281,81	1.460.118,77	16,97	1.132.284,43	1.460.117,31	17,03	1.132.287,05	1.460.115,86	16,97
0+130.00	1.132.286,67	1.460.127,51	16,94	1.132.289,30	1.460.126,05	17,00	1.132.291,92	1.460.124,59	16,94
0+140.00	1.132.291,54	1.460.136,25	16,89	1.132.294,16	1.460.134,79	16,95	1.132.296,78	1.460.133,33	16,89
0+150.00	1.132.296,40	1.460.144,99	16,85	1.132.299,02	1.460.143,53	16,91	1.132.301,64	1.460.142,07	16,85
0+160.00	1.132.299,54	1.460.152,49	16,84	1.132.302,54	1.460.152,59	16,90	1.132.305,54	1.460.152,69	16,84
0+170.00	1.132.301,95	1.460.163,51	16,85	1.132.304,54	1.460.161,99	16,91	1.132.307,13	1.460.160,47	16,85
0+180.00	1.132.307,01	1.460.172,13	16,77	1.132.309,60	1.460.170,62	16,83	1.132.312,18	1.460.169,10	16,77
0+190.00	1.132.312,06	1.460.180,76	16,69	1.132.314,65	1.460.179,25	16,75	1.132.317,24	1.460.177,73	16,69
0+200.00	1.132.317,12	1.460.189,39	16,61	1.132.319,71	1.460.187,87	16,67	1.132.322,30	1.460.186,36	16,61
0+210.00	1.132.322,18	1.460.198,02	16,53	1.132.324,76	1.460.196,50	16,59	1.132.327,35	1.460.194,98	16,53
0+220.00	1.132.327,23	1.460.206,65	16,45	1.132.329,82	1.460.205,13	16,51	1.132.332,41	1.460.203,61	16,45
0+230.00	1.132.332,29	1.460.215,27	16,38	1.132.334,87	1.460.213,76	16,44	1.132.337,46	1.460.212,24	16,38
0+240.00	1.132.336,02	1.460.224,50	16,43	1.132.338,62	1.460.222,98	16,49	1.132.341,21	1.460.221,47	16,43
0+250.00	1.132.341,07	1.460.233,13	16,41	1.132.343,66	1.460.231,62	16,47	1.132.346,25	1.460.230,11	16,41
0+260.00	1.132.346,11	1.460.241,77	16,38	1.132.348,70	1.460.240,26	16,44	1.132.351,29	1.460.238,74	16,38
0+270.00	1.132.351,15	1.460.250,40	16,35	1.132.353,74	1.460.248,89	16,41	1.132.356,33	1.460.247,38	16,35
0+280.00	1.132.355,64	1.460.258,96	16,33	1.132.358,38	1.460.257,74	16,39	1.132.361,12	1.460.256,52	16,33
0+290.00	1.132.359,71	1.460.268,10	16,30	1.132.362,45	1.460.266,87	16,36	1.132.365,19	1.460.265,65	16,30
0+300.00	1.132.364,43	1.460.277,32	16,27	1.132.366,99	1.460.275,77	16,33	1.132.369,56	1.460.274,21	16,27
0+304.61	1.132.366,82	1.460.281,26	16,26	1.132.369,38	1.460.279,71	16,32	1.132.371,95	1.460.278,15	16,26

ANEXO 3.
DIFERENCIA DE ELEVACIÓN

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Informe de diferencias de elevación de perfil

Alineación vertical: RASANTE CRA. 14B
Perfil existente: Terreno Inicial - Superficie (131)
Descripción:
Intervalo de P.K.: Inicio: 0+000.00, Fin: 0+304.61

VAV	P.K.	Abscisa	Ordenada	Elevación existente	Diseño de elevación	Diferencia de elevación
0	0+000.00	1132225,536	1460012,883	17.308m	17.310m	-0.002m
1	0+010.00	1132230,963	1460021,282	17.060m	17.268m	-0.208m
2	0+020.00	1132236,390	1460029,681	17.127m	17.227m	-0.100m
3	0+030.00	1132241,818	1460038,080	17.272m	17.185m	0.087m
4	0+040.00	1132246,824	1460046,734	17.401m	17.143m	0.258m
5	0+050.00	1132251,685	1460055,473	17.369m	17.102m	0.267m
6	0+060.00	1132256,545	1460064,212	17.336m	17.060m	0.276m
7	0+070.00	1132261,406	1460072,951	17.196m	17.019m	0.177m
8	0+080.00	1132266,267	1460081,690	17.073m	16.977m	0.096m
9	0+090.00	1132270,737	1460090,628	16.965m	16.979m	-0.013m
10	0+100.00	1132275,219	1460099,567	17.006m	16.999m	0.007m
11	0+110.00	1132279,713	1460108,500	17.024m	17.020m	0.004m
12	0+120.00	1132284,433	1460117,314	16.983m	17.032m	-0.048m
13	0+130.00	1132289,296	1460126,052	17.000m	16.997m	0.003m
14	0+140.00	1132294,159	1460134,790	16.878m	16.954m	-0.076m
15	0+150.00	1132299,023	1460143,528	16.862m	16.912m	-0.049m
16	0+160.00	1132302,542	1460152,589	17.111m	16.899m	0.212m
17	0+170.00	1132304,541	1460161,990	16.799m	16.906m	-0.107m
18	0+180.00	1132309,596	1460170,618	16.904m	16.828m	0.077m
19	0+190.00	1132314,652	1460179,246	16.857m	16.750m	0.108m
20	0+200.00	1132319,708	1460187,874	16.708m	16.671m	0.037m
21	0+210.00	1132324,763	1460196,502	16.588m	16.593m	-0.006m
22	0+220.00	1132329,819	1460205,129	16.540m	16.515m	0.025m
23	0+230.00	1132334,875	1460213,757	16.353m	16.437m	-0.084m
24	0+240.00	1132338,615	1460222,985	16.501m	16.494m	0.007m
25	0+250.00	1132343,658	1460231,621	16.680m	16.467m	0.213m
26	0+260.00	1132348,700	1460240,256	16.644m	16.440m	0.204m
27	0+270.00	1132353,742	1460248,892	16.818m	16.413m	0.405m
28	0+280.00	1132358,381	1460257,741	17.030m	16.386m	0.643m
29	0+290.00	1132362,454	1460266,874	16.527m	16.359m	0.168m
30	0+300.00	1132366,992	1460275,767	16.203m	16.332m	-0.129m
31	0+304.61	1132369,384	1460279,709	16.322m	16.320m	0.002m

ANEXO 4.
PENDIENTE LONGITUDINAL

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Informe de P.K. incremental de VAV

Alineación vertical: RASANTE CRA. 14B
Descripción:
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 0+304.61
Incremento de P.K: 10.00

P.K.	Elevación	Porcentaje de pendiente (%)	Ubicación
0+000.00	17.310m		VAV
0+010.00	17.268m	-0,42%	
0+020.00	17.227m	-0,42%	
0+030.00	17.185m	-0,42%	
0+040.00	17.143m	-0,42%	
0+050.00	17.102m	-0,42%	
0+060.00	17.060m	-0,42%	
0+070.00	17.019m	-0,42%	
0+080.00	16.977m	-0,42%	
0+084.08	16.960m	-0,42%	VAV
0+090.00	16.979m	0,32%	
0+090.40	16.980m	0,32%	VAV
0+100.00	16.999m	0,20%	
0+110.00	17.020m	0,20%	
0+114.63	17.029m	0,20%	PAV
0+119.98	17.032m	0,05%	Convexo
0+120.00	17.032m	-0,11%	
0+125.34	17.017m	-0,27%	PTV
0+130.00	16.997m	-0,43%	
0+140.00	16.954m	-0,43%	
0+150.00	16.912m	-0,43%	
0+157.42	16.880m	-0,43%	VAV
0+160.00	16.899m	0,73%	
0+165.64	16.940m	0,73%	VAV
0+170.00	16.906m	-0,78%	
0+180.00	16.828m	-0,78%	
0+190.00	16.750m	-0,78%	
0+200.00	16.671m	-0,78%	
0+210.00	16.593m	-0,78%	
0+220.00	16.515m	-0,78%	
0+230.00	16.437m	-0,78%	
0+230.87	16.430m	-0,78%	VAV
0+237.92	16.500m	0,99%	VAV
0+240.00	16.494m	-0,27%	
0+250.00	16.467m	-0,27%	
0+260.00	16.440m	-0,27%	
0+270.00	16.413m	-0,27%	
0+280.00	16.386m	-0,27%	
0+290.00	16.359m	-0,27%	
0+300.00	16.332m	-0,27%	
0+304.61	16.320m	-0,27%	

DISEÑOS DE PAVIMENTO

617

PABLO CASTILLA NEGRETE

Estudios Geotécnicos y Ambientales

DISEÑO DE PAVIMENTO HIDRÁULICO DE LA VÍA EN EL BARRIO LA FLORESTA EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.



I.C. PABLO CASTILLA NEGRETE.

ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

MONTERÍA - 2021

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN. 7
2. OBJETIVOS Y ALCANCES. 8
2.1. Objetivo. 8
2.2. Alcances. 8
3. GENERALIDADES 9
3.1. Generalidades del municipio. 9
3.2. Geología. 10
3.3. Geomorfología 12
3.4. Geoestructura y ambiente morfométrico. 13
3.5. Clima. 14
3.6. Vegetación. 17
4. ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO. 18
5. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO Y GEOTÉCNICOS. 20
6. EVALUACIÓN DEL TRÁNSITO. 20
7. METODOLOGÍAS DE DISEÑO DEL PAVIMENTO. 21
7.1. Método de la Portland Cement Association. 21
7.1.1. Factor de seguridad de carga. 21
7.1.2. Mejoramiento de la subrasante. 22
7.1.3. Módulo de reacción de la subrasante. 22
7.1.4. Módulo de reacción del Soporte K combinado (Subrasante – Subbase). 23
7.1.5. Módulo de rotura del concreto. 24
7.1.6. Determinación del espesor de concreto. 24
7.2. Método de la AASHTO. 25
7.2.1. Desviación normal estándar Zr. 25
7.2.2. Error estándar So. 26
7.2.3. Índice de servicio y su variación. 26
7.2.4. Coeficiente de drenaje CD. 26
7.2.5. Coeficiente de transferencia de carga, J. 27
7.2.6. Módulo de reacción efectivo de la losa. 27
7.2.7. Módulo de rotura. 31
7.2.8. Módulo de elasticidad de concreto. 32
7.2.9. Determinación del espesor de concreto. 32
7.3. Diseño de juntas. 33
7.3.1. Juntas longitudinales. 33
7.3.2. Juntas transversales. 34
8. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO. 36
8.1. Método de la PCA. 36
8.1.1. Factor de seguridad. 36
8.1.2. Mejoramiento de la subrasante. 36
8.1.3. Módulo de reacción de la subrasante. 37

8.1.4. Módulo de reacción del Soporte K combinado (Subrasante – Subbase). 37
8.1.5. Determinación del espesor de concreto. 38
8.2. Método de la AASHTO. 39
8.2.1. Desviación normal estándar Zr. 39
8.2.2. Error estándar So. 39
8.2.3. Índice de servicio y su variación. 39
8.2.4. Coeficiente de drenaje CD. 39
8.2.5. Coeficiente de transferencia de carga, J. 39
8.2.6. Módulo de reacción efectivo de la losa. 40
8.2.7. Determinación del espesor de concreto. 40
8.3. Estructura de pavimento. 41
8.4. Diseño de juntas. 42
9. CONCLUSIONES. 42
10. RECOMENDACIONES. 43
11. BIBLIOGRAFÍA. 45
12. LIMITACIONES DEL ESTUDIO. 46

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del proyecto en el municipio. 7

Figura 2. Localización del proyecto en el barrio. 8

Figura 3. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba. 9

Figura 4. Mapa subregiones del departamento de Córdoba. 10

Figura 5. Mapa de regiones geotectónicas del departamento de Córdoba. 11

Figura 6. Mapa geológico del proyecto en el municipio de Montería. 11

Figura 7. Perfil tipo de depósitos aluviales. 12

Figura 8. Unidades de paisaje del departamento de Córdoba. 13

Figura 9. Mapa de Geoestructura del departamento de Córdoba. 14

Figura 10. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba. 15

Figura 11. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba. 16

Figura 12. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba. 17

Figura 13. Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Córdoba. 18

Figura 14. Detalle juntas. Vista en planta 33

Figura 15. Detalle junta longitudinal. 34

Figura 16. Detalle junta transversal. 35

Figura 17. Mejoramiento a realizar. 37

Figura 18. Estructura de pavimento propuesta. 41

Figura 19. Estructura de pavimento propuesta. 42

Figura 20. Detalle de las losas reforzadas. 44

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Montería. 17

Tabla 2. Resultados de la exploración del subsuelo. 19

Tabla 3. Repeticiones esperadas. 21

Tabla 4. Número de ejes equivalentes a 8.2 t. 21

Tabla 5. Factores de seguridad de carga. 22

Tabla 6. Efecto de la subbase granular sobre los valores de K. 23

Tabla 7. Valores de Zr en función de la confiabilidad. 25

Tabla 8. Niveles de confiabilidad a adoptar en función del tipo de carretera. 25

Tabla 9. Serviciabilidad final Pt. 26

Tabla 10. Calidad del drenaje. 26

Tabla 11. Valores del coeficiente de drenaje, Cd. 27

Tabla 12. Coeficiente de transferencia de carga, J. 27

Tabla 13. Factor de pérdida de soporte, Ls. 31

Tabla 14. Recomendaciones para la selección de las barras de anclaje. 34

Tabla 15. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga. 35

Tabla 16. Cálculos para el mejoramiento de la subrasante. 36

Tabla 17. Resumen de los valores obtenidos de K combinados. 37

Tabla 18. Resultados arrojados de la estructura del pavimento software BS-PCA (UNICAUCA). 38

Tabla 19. Alternativa eficiente determinada con el método de la PCA. 39

Tabla 20. Resultados arrojados de la estructura del pavimento software AASHTO. 40

Tabla 21. Alternativa eficiente determinada por el método AASHTO. 41

Tabla 22. Alternativa eficiente determinada por el método PCA. 41

Tabla 23. Resumen características de las barras de anclaje. 42

Tabla 24. Resumen características de los pasadores de carga. 42

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Relación aproximada entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K. 23

Gráfica 2. Carta para estimar el módulo de reacción compuesto asumiendo una profundidad semi-infinita de la capa de soporte. 28

Gráfica 3. Carta para modificar el módulo de reacción de la subrasante por la presencia de una capa rígida cercana a la superficie. 29

Gráfica 4. Carta para estimar el daño relativo (Ur) en pavimentos rígidos. 30

Gráfica 5. Carta para corregir el módulo de reacción efectivo de la subrasante por pérdida potencial de soporte de la subbase. 31

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

DISEÑO DE PAVIMENTO HIDRÁULICO DE LA VÍA EN EL BARRIO LA FLORESTA EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

INTRODUCCIÓN.

De acuerdo con la solicitud presentada por el MUNICIPIO DE MONTERÍA, se realizó el diseño de pavimento hidráulico de la vía en el barrio La Floresta, en el municipio de Montería, departamento de Córdoba.

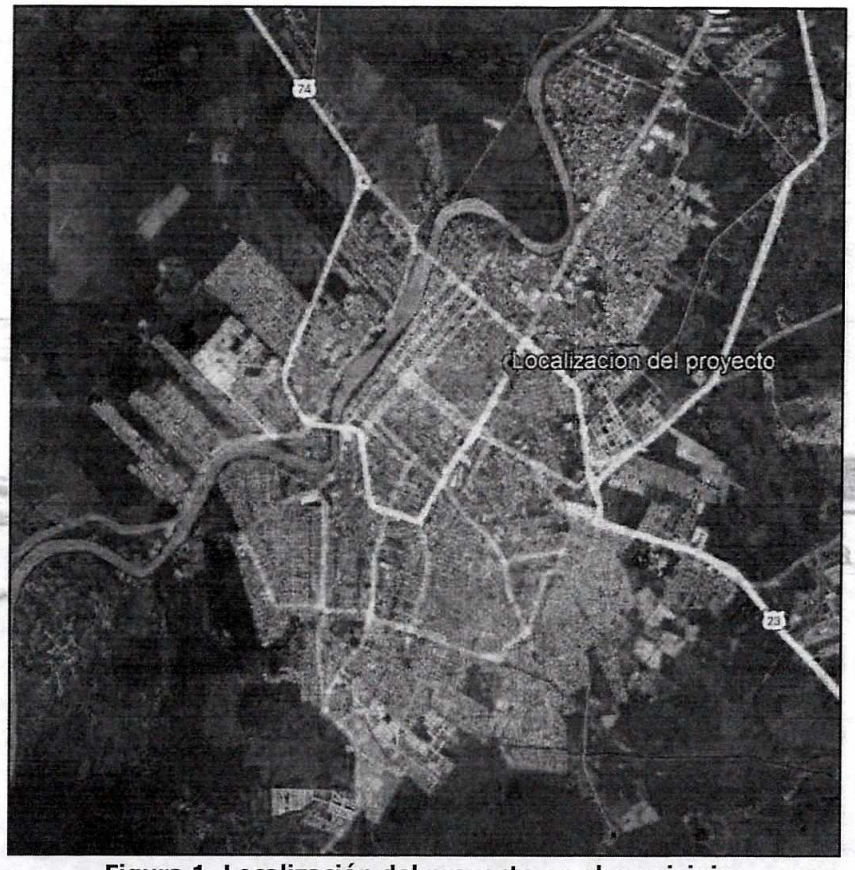


Figura 1. Localización del proyecto en el municipio.
Fuente: Google Earth.

El proyecto consiste en la construcción de 304.611 m de pavimento hidráulico en la carrera 14b entre calles 34a y 38.



Figura 2. Localización del proyecto en el barrio.
Fuente: Google Earth.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

2. OBJETIVOS Y ALCANCES.

2.1. Objetivo.

Determinar la estructura adecuada de pavimento rígido para soportar las cargas del tránsito futuro, realizando los mejoramientos necesarios.

2.2. Alcances.

Para alcanzar el objetivo planteado se desarrollarán las siguientes actividades:

a) Ubicación general del proyecto.
b) Estudio y análisis de los materiales de subrasante.
c) Estudio de la variable tránsito y proyección de los ejes de diseño.
d) Diseño de la estructura de pavimento utilizando dos metodologías, tomando como criterio de elección una evaluación técnico económica.
e) Conclusiones y recomendaciones finales.

3. GENERALIDADES.

3.1. Generalidades del municipio.

El municipio de Montería está situado en la zona centro del departamento de Córdoba, correspondiente a las tierras planas y ligeramente onduladas, de los valles de los ríos San Jorge y Sinú, entre las coordenadas 08° 45´27" de latitud Norte y 75° 53´24" de longitud Oeste, cubre un área total de 3141 Km^2.

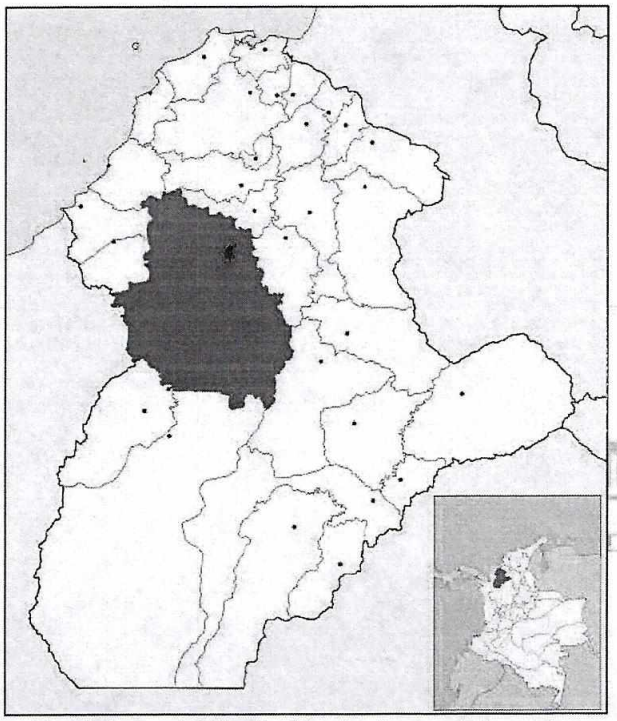


Figura 3. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba. Fuente: Wikipedia, la enciclopedia libre. "Montería", [En línea]. Julio de 2013, [julio de 2013]. Disponible en la web: https://es.wikipedia.org/wiki/Monter%C3%ADa.

Limita al Norte con el municipio de Cereté, Puerto Escondido y San Pelayo; al este con San Carlos y Planeta Rica; al sur con Tierralta y Valencia; al oeste con el departamento de Antioquia y los municipios de Canalete y San Carlos.

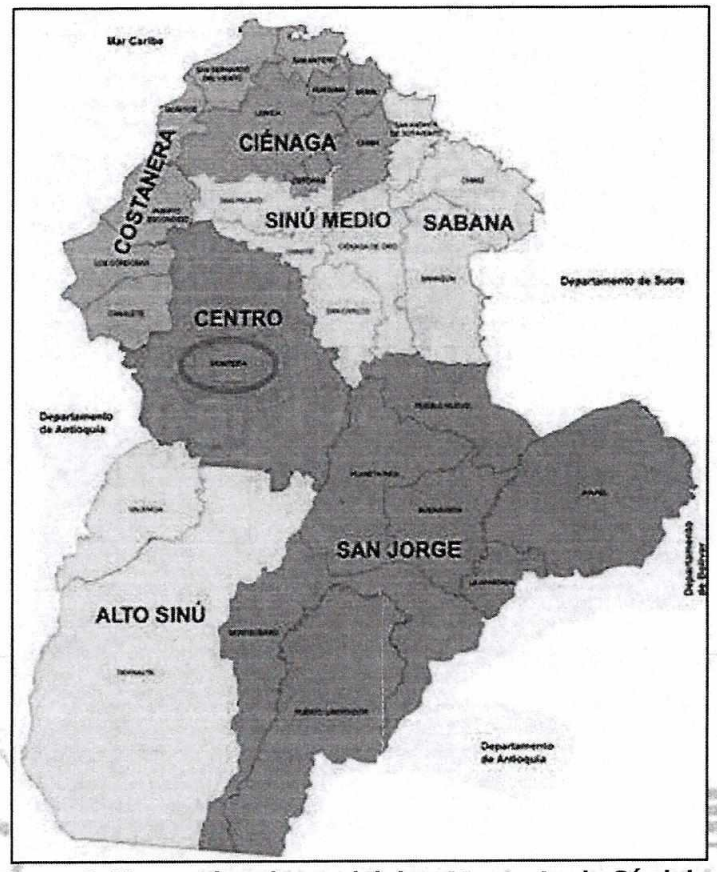


Figura 4. Mapa subregiones del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.2. Geología.

El municipio de Montería hace parte de la unidad estratigráfica del Cinturón de San Jacinto y las unidades litoestratigráficas del anticlinorio de San Jerónimo conformado por rocas ígneas y rocas sedimentarias.

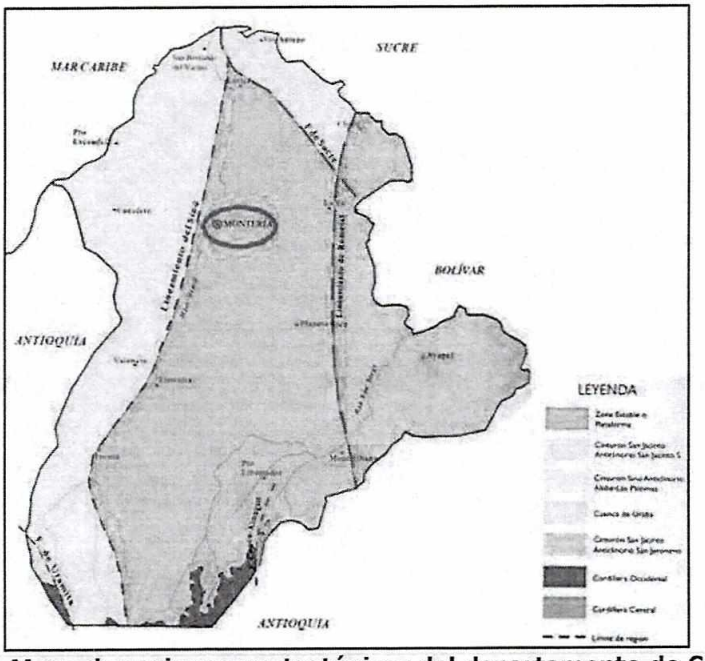


Figura 5. Mapa de regiones geotectónicas del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

Las formaciones geológicas en el lugar de construcción del proyecto corresponden a:

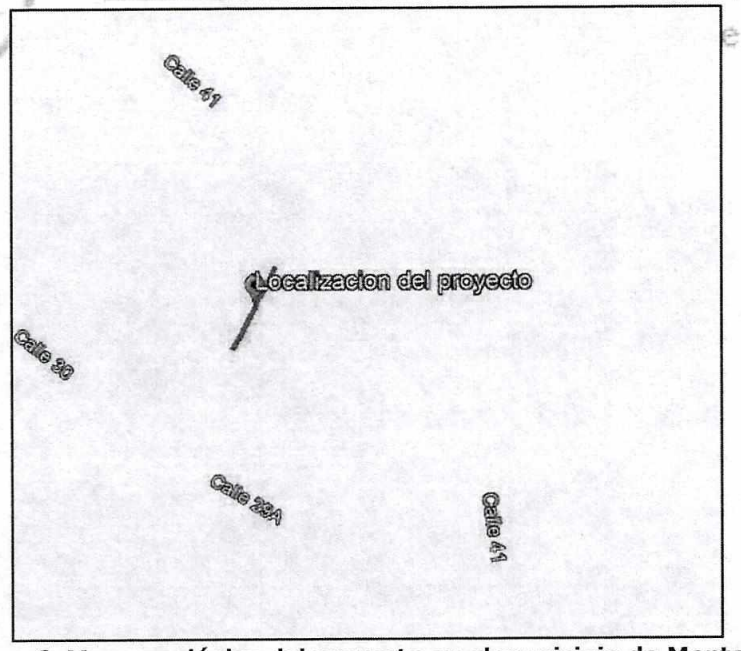


Figura 6. Mapa geológico del proyecto en el municipio de Montería.
Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Q-al

Depósitos aluviales y llanuras aluviales

Los depósitos aluviales son suelos anisotrópicos en su distribución, con propiedades geotécnicas altamente variables, estrechamente relacionadas con la granulometría. Su continuidad es irregular, pudiendo tener altos contenidos en materia orgánica en determinados medios. La permeabilidad depende de la granulometría. Generalmente presentan un nivel freático alto.

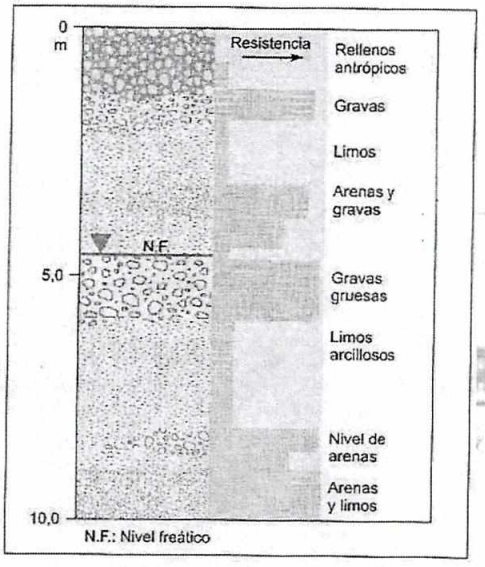


Figura 7. Perfil tipo de depósitos aluviales.
Fuente: González Vallejo, "Ingeniería geológica", editorial: PRENTICE HALL.

3.3. Geomorfología.

El río Sinú se caracteriza por formar valles aluviales amplios, entre los cuales está el depósito aluvial del municipio de Montería el cual aflora desde el corregimiento de Santa Isabel, hasta la población de El Vidrial al norte de Montería, donde se forman las zonas planas de gran extensión que incluye las ciudades de Montería y Cereté.

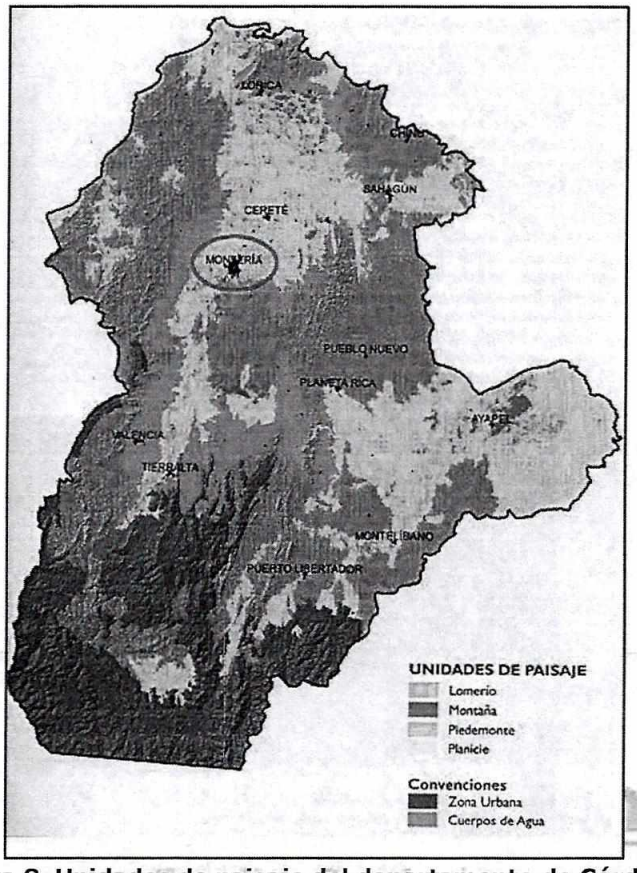


Figura 8. Unidades de paisaje del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El sitio de construcción del proyecto corresponde a un paisaje tipo planicie, con un relieve de plano de inundación y terrazas, con una litología de sedimentos medios y finos.

El paisaje de planicie es una geoforma caracterizada por ser una zona amplia y plana a ligeramente plana, cuyas pendientes son menores a 3.00%. Corresponde a los diferentes aportes de origen aluvial, marino o eólico.

3.4. Geoestructura y ambiente morfométrico.

El municipio de Montería se localiza en la geoestructura correspondiente a la megacuenca de sedimentación ubicada al norte y occidente de la cordillera y se extiende hasta el mar caribe, cubriendo 23.788,87 Km^2, lo que equivale al 95.40% del territorio del departamento de Córdoba. Geográficamente a esta pertenecen las serranías de Abibe, San Jerónimo, y Ayapel.

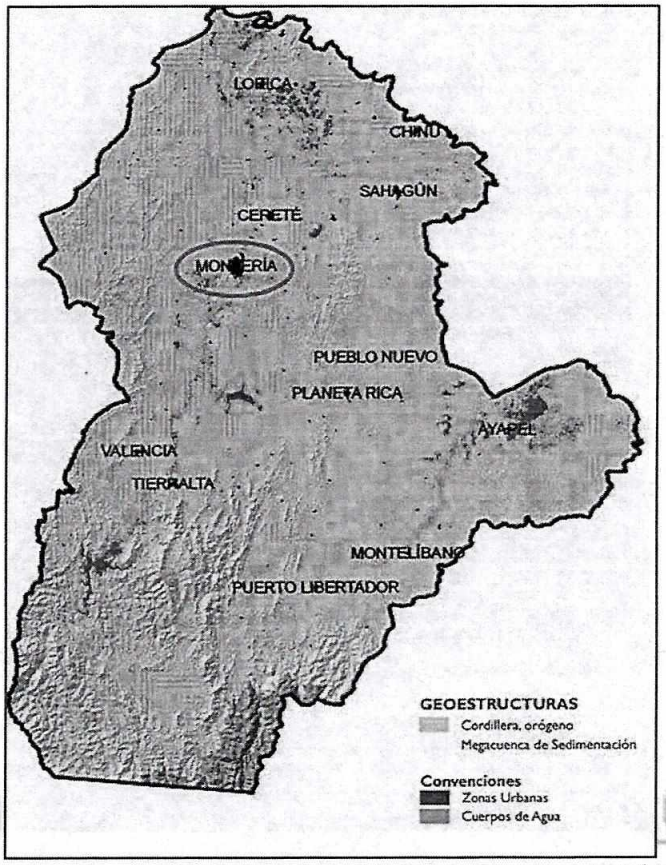


Figura 9. Mapa de Geoestructura del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.5. Clima.

El municipio de Montería dada su fisiografía y su posición en la llanura del caribe colombiano, se localiza con respecto a los vientos provenientes del mar en una posición de sotavento ocasionando climas predominantemente secos la mayor parte del año, con una alta humedad relativa por la presencia del río Sinú y sus sistemas de ciénagas y humedales, presenta lluvias con vientos (vendavales) en épocas húmedas y unos microrrelieves en las serranías de las Palomas y de San Carlos que se comportan como barloventos aumentando la nubosidad y la generación de lluvias.

El municipio de Montería posee una altura promedio de 18 msnm, con una precipitación media anual de 1200 mm.

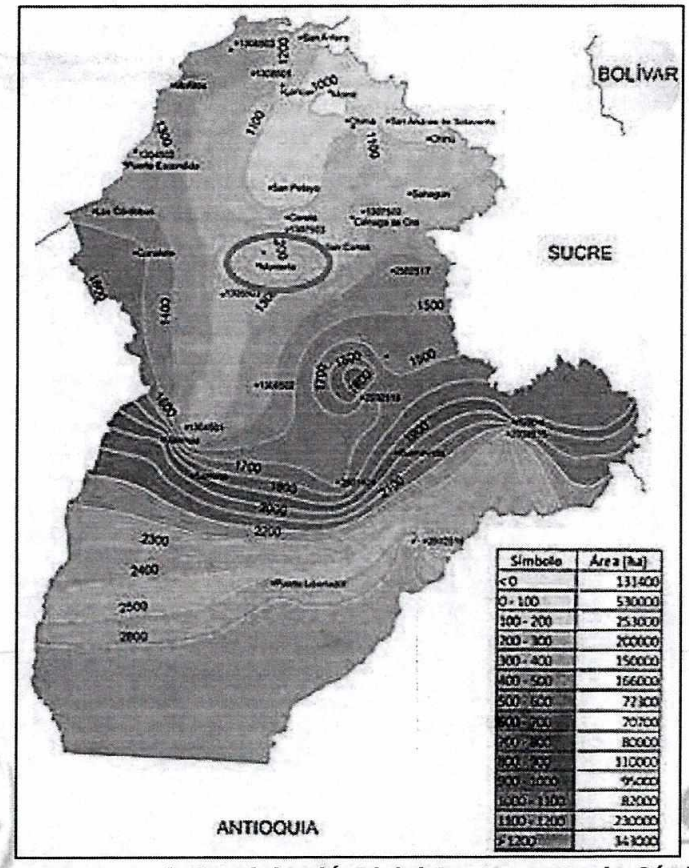


Figura 10. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El municipio presenta dos temporadas de lluvia: La primera es en parte de abril y mayo, y la segunda entre los meses de septiembre y noviembre; una temporada de menor intensidad de lluvias entre los meses de junio y agosto, y por último una temporada seca entre los meses de diciembre a marzo.

El promedio anual de la temperatura es de 26.90 °C, con un ligero aumento en los meses de marzo, abril y mayo. La Variación no es muy significativa, pues el 98.20% del territorio se encuentra en el piso térmico cálido. Por ello, puede considerarse que el promedio anual de 26.90 °C es representativo para el municipio de Montería.

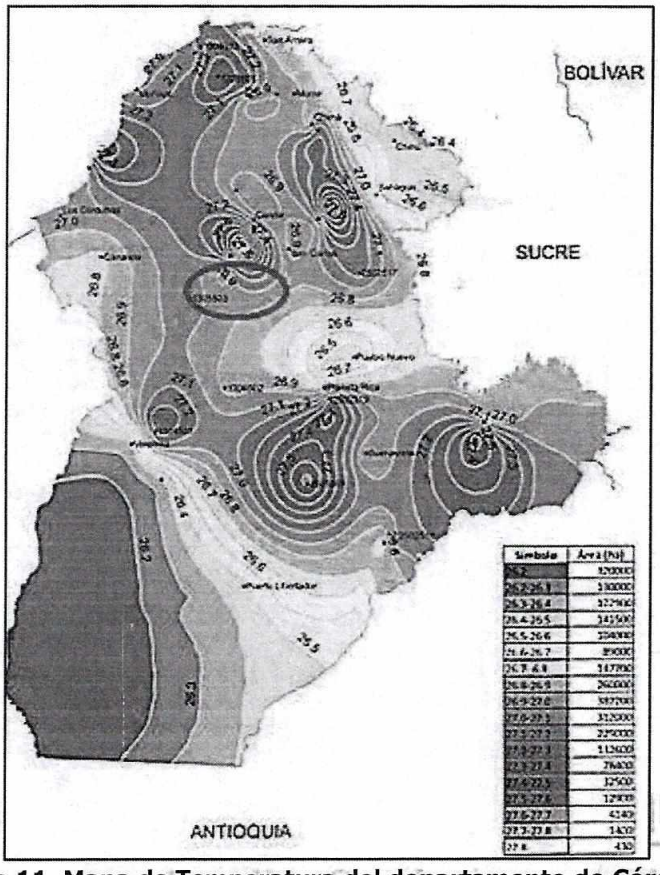
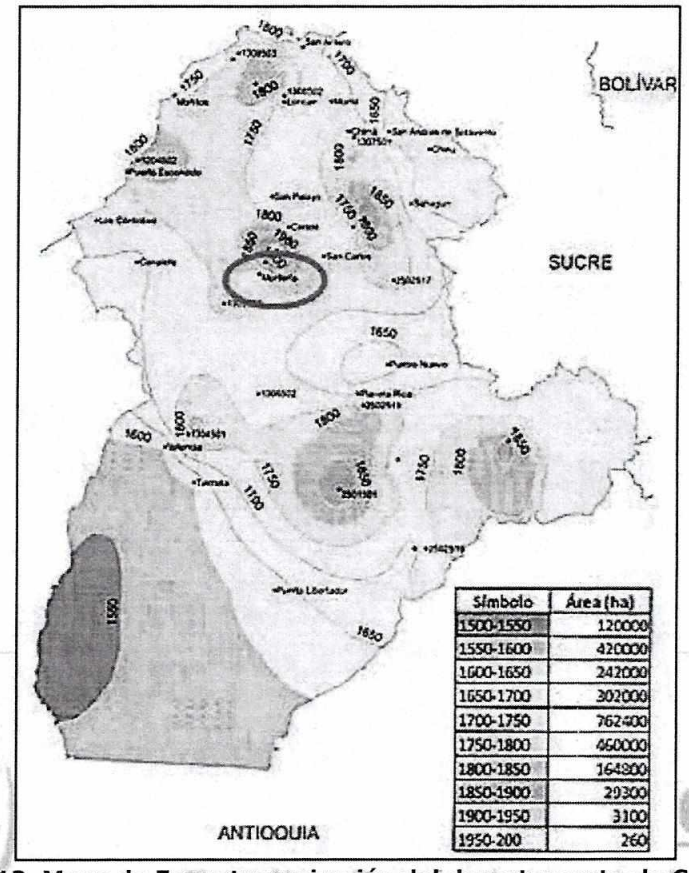


Figura 11. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El brillo solar anual varía entre 1.400 y 1.800 horas de luz.
La humedad ambiente (84.00%), se relaciona con el brillo solar y con los intensos procesos de evapotranspiración.

La evapotranspiración potencial (E.T.P.), presenta un área definida como de núcleo central regional del valle del Sinú que va desde Montería hasta el norte con un valor ubicado en el rango de 1700 – 1750 mm anuales decreciendo hacia las zonas extremas de la cuenca hasta los 1650 mm/año.



Símbolo	Área (ha)
1500-1550	120000
1550-1600	420000
1600-1650	242000
1650-1700	302000
1700-1750	762400
1750-1800	460000
1800-1850	164800
1850-1900	29300
1900-1950	3100
1950-200	260

Figura 12. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite, el municipio presenta una franja alineada a lado y lado del plano de inundación del río en el clima cálido -seco; en el resto del área de Montería sigue siendo cálido, pero con un régimen de humedad semi-húmedo.

Estación	msnm	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	ETP (mm)	Déficit (mm)	Exceso (mm)	Piso Térmico	Clase Clima	Símbolo
Montería	18	1200	26,9	1711,4	558,0	46,6	Cálido	Seco	c-S

Tabla 1. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Montería.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.6. Vegetación.

El municipio de Montería tiene área de su territorio dentro de la parte media y baja del río Sinú, la vegetación original ha sido completamente degradada sólo a pequeños bosques o zonas de bosque de galería, por la transformación y/o adecuación de las

tierras de los ecosistemas para extensas áreas de praderas para el desarrollo de sistemas pecuarios semi – intensivos y extensivos y la agricultura comercial y de subsistencia. A los alrededores del municipio se encuentra áreas agrícolas heterogéneas, áreas que presentan heterogeneidad en la cobertura, ya sea por condiciones locales de clima o de suelos que hacen difícil la separación de unidades cartográficas homogéneas, y pastos de territorios agrícolas que son tierras ocupadas principalmente para la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho.

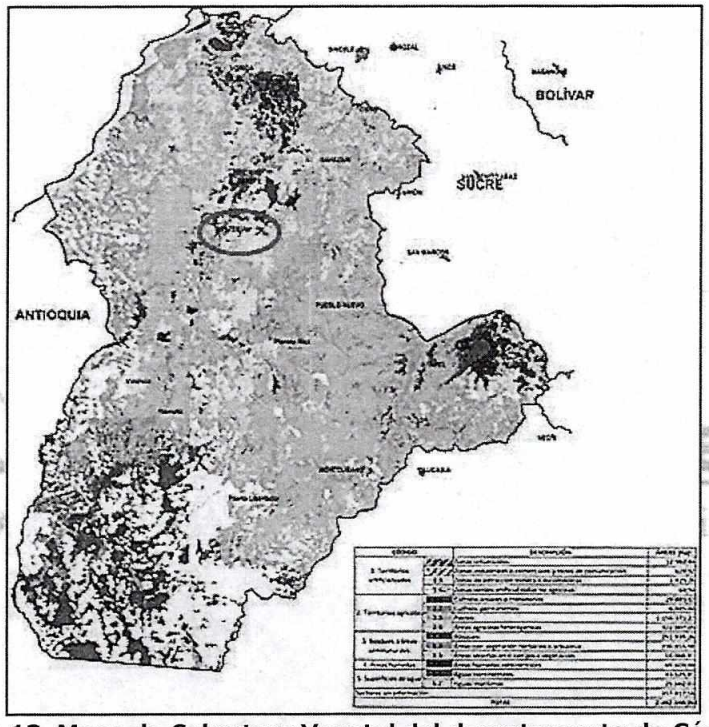


Figura 13. Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

4. ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO.

La información de la subrasante se toma del estudio de suelos realizado para el presente proyecto, la cual se resume en la siguiente tabla:

Apique	Nivel freático (m)	Muestra Nº	Profundidad (m)	W	LL	IP	Granulometría				Clasificación		Observaciones
							No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	SUCS	AASHTO	
1	1.70	1	0.40	9,00%	NL	NP	64,60%	54,77%	29,52%	18,62%	SM	A-1b	MATERIAL DE RELLENO: ARENA GRAVO LIMOSA
		2	1.10	12,00%	40,00%	18,00%	68,89%	53,54%	38,03%	31,30%	SC	A-2-6	MATERIAL DE RELLENO: ARENA ARCILLO GRAVOSA
		3	1.80	31,00%	70,00%	38,00%	100,00%	100,00%	100,00%	95,34%	CH	A-7-5	ARCILLA DE MUY ATA PLASTICIDAD
2	1.70	1	0.50	10,00%	NL	NP	63,60%	53,50%	27,49%	16,16%	SM	A-1b	MATERIAL DE RELLENO: ARENA GRAVO ARCILLOSA
		2	1.00	13,00%	39,00%	18,00%	70,14%	55,66%	40,51%	33,76%	SC	A-2-6	MATERIAL DE RELLENO: ARENA ARCILLO LIMOSA
		3	1.80	31,00%	73,00%	40,00%	100,00%	100,00%	100,00%	96,54%	CH	A-7-5	ARCILLA DE MUY ATA PLASTICIDAD

Tabla 2. Resultados de la exploración del subsuelo.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

El subsuelo del proyecto está conformado inicialmente por materiales de relleno correspondientes a arena gravo limosa y arena arcillo gravosa de espesor variable entre 1.00 y 1.10 m, seguido por arcilla de muy alta plasticidad. Se registra la presencia de nivel freático a 1.70 m de profundidad.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

5. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO Y GEOTÉCNICOS.

Los resultados de los parámetros evaluados son tomados del estudio de suelos realizado para el presente proyecto y se resumen a continuación:

- **Potencial de expansión.**

El material fino encontrado tiene un valor de índice plástico entre 38 y 40%, lo cual de acuerdo con lo establecido en la tabla 132-2 de la norma E-132 del INVIAS utilizando el criterio de Holtz y Gibbs, cualifica los suelos con potencial expansivo muy alto.

La fracción fina del material de relleno tiene un valor de índice plástico de 18%, lo cual cualifica el suelo con un potencial expansivo medio.

- **Capacidad de soporte de diseño.**

Para la determinación del CBR de diseño se tiene en cuenta el menor espesor de material de relleno encontrado igual a 0.35 m, al cual le corresponde un CBR igual a 11.70%, y el espesor de subrasante al cual le corresponde un CBR igual a 1.02%, realizando con estos valores un promedio ponderado se obtiene el aporte del material de relleno a la subrasante aumentando el valor de CBR de diseño hasta 3.36%.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Teniendo en cuenta lo anterior se hace necesaria la realización de un mejoramiento.

6. EVALUACIÓN DEL TRÁNSITO.

La información de las repeticiones esperadas y el número de ejes equivalentes a 8.2 t se toma del estudio de transito realizado para el presente proyecto, y se resumen a continuación.

- **Repeticiones esperadas.**

Las repeticiones esperadas se muestran a continuación:

Tipo de eje	Peso máx. (ton)	Repeticiones año base	Tasa de crecimiento r (%)	Periodo de diseño (años)	No. De Repeticiones esperadas
SRS (Simple direccional)	4	3327	3,00%	20	90739
	6	1324			36110
SRD (Simple rueda doble)	6	3327			90739
	11	849			23148
TANDEM (Tandem rueda doble)	22	475			12963

TRIDEM (Tridem rueda doble)	24	0			0

Tabla 3. Repeticiones esperadas.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

- **Ejes equivalentes a 8.2 t en el año base.**

El número de ejes de 8.2 t, estimados se muestra a continuación:

Ejes de 8.2 tn (Periodo de diseño)	264783
	2,65E+05

Tabla 4. Número de ejes equivalentes a 8.2 t.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

7. METODOLOGÍAS DE DISEÑO DEL PAVIMENTO.

Se utilizarán dos metodologías para la estimación de la estructura del pavimento, el método de la PCA y el método de la AASHTO, con los resultados obtenidos se realiza un análisis tecno económico determinando finalmente la solución óptima.

7.1. Método de la Portland Cement Association.

El procedimiento para determinar el espesor del pavimento rígido se basa en las solicitaciones del tránsito y en el periodo de diseño durante el cual la estructura del pavimento reduce su capacidad de soportar las mencionadas solicitaciones. A continuación, se describen los factores que afectan el diseño de la estructura del pavimento por el método de la PCA.

7.1.1. Factor de seguridad de carga.

El método exige que las cargas reales sean afectadas por un factor de seguridad (Fsc), el cual depende de las características de las vías, en la siguiente tabla se resumen los valores recomendados:

Factor de seguridad de carga	
Características de la vía	**Fsc**
Vías multicarriles, se espera un volumen elevado de tránsito pesado	1.20
Carreteras y vías urbanas arterias, se espera un volumen moderado de tránsito de vehículos pesados	1.10
Calles residenciales y otras vías se esperan bajos volúmenes de tránsito pesado	1.00

Tabla 5. Factores de seguridad de carga.
Fuente: Metodología PCA 1984.

7.1.2. Mejoramiento de la subrasante.

De acuerdo con el "Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito" para subrasantes con CBR menores a 2%, se requieren tratamientos especiales como la sustitución de los materiales inadecuados. Sin embargo, con el fin de asegurar una buena superficie de trabajo en campo, se recomienda realizar un mejoramiento del suelo cuando se tengan valores menores a 5%, con este valor se asegura un módulo resiliente del terreno de fundación igual a 40 Mpa.

Para estimar el mejoramiento se debe obtener el valor K de la subrasante mejorada y se calcula el módulo de elasticidad mediante la ecuación de Ivanov:

$$E_{cc} = \frac{E_s}{1 - \frac{2}{\pi}\left[1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right] * arctang\left[n * \frac{h_m}{2a}\right]}$$

$$n = \left[\frac{E_m}{E_s}\right]^{1/2.5}$$

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

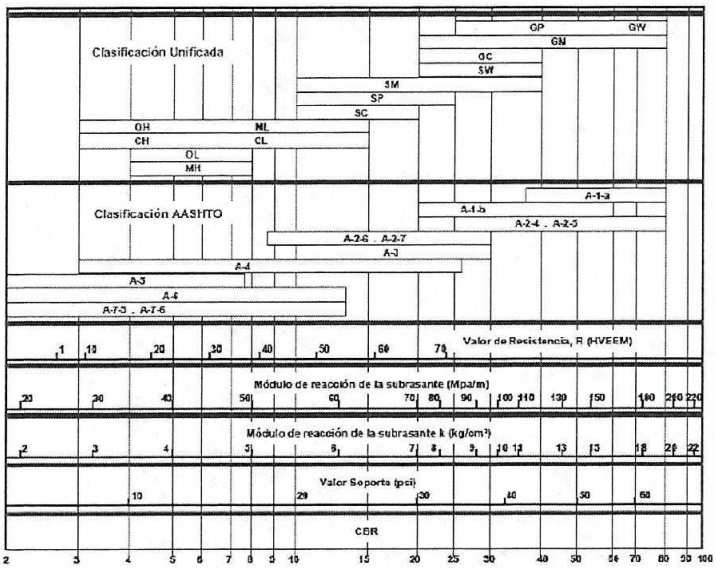
Dónde:
a: Radio de la huella (mm).
Es: Módulo de la subrasante (Kg/cm^2).
hm: Espesor del reemplazo (cm), se tantea hasta que se tenga un espesor tal que el CBR sea mayor al 5%.
Em: Módulo del material de mejoramiento (Kg/cm^2).
Ecc: Módulo del sistema combinado (Kg/cm^2).

El mejoramiento asegura un CBR no menor al 10% y su módulo se calcula con la siguiente formulación:

$$Ei = 130 * CBR^{0.714}$$

7.1.3. Módulo de reacción de la subrasante.

La resistencia de la subrasante se mide en términos del módulo de reacción (K), determinado por pruebas de placa directa, sin embargo, teniendo en cuenta que estas pruebas son de difícil consecución en la zona del proyecto, el valor K se estima con pruebas más sencillas como el CBR, de acuerdo con la siguiente tabla:



Gráfica 1. Relación aproximada entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K. Fuente: Juárez Badillo. E. y Rico, A. Mecánica de suelo, Tomo 1; Fundamentos de la mecánica de suelos, U.N.A.M, México, 1969, 3ª. Edición.

Nota: *Este procedimiento es válido puesto que no es necesario, el conocimiento del valor exacto del módulo K, debido a que variaciones no muy grandes de su magnitud prácticamente no afectan los espesores de pavimento requerido.*

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

7.1.4. Módulo de reacción del Soporte K combinado (Subrasante – Subbase).

Para lograr un apoyo más uniforme y controlar futuros problemas de bombeo del pavimento, se recomienda la colocación de una capa de sub-base.

A partir de la siguiente tabla se adoptará un valor de Módulo de reacción (K) del conjunto sub-base/subrasante que regirá los diseños teniendo en cuenta el módulo de reacción sobre la subrasante.

Efecto de la sub-base granular sobre los valores de K				
Valor de K para sub-rasante	Valor de K para la sub-base combinada (Mpa/m)			
	100 mm	150 mm	225 mm	300 mm
20	23	26	32	38
40	45	49	57	66
60	64	66	76	90
80	87	90	100	117

Tabla 6. Efecto de la subbase granular sobre los valores de K. Fuente: Canadian Portland Cement Association. Thinckness Design for Concrete Hoghway and Street Pavements.

Nota: *La compactación de la capa de sub-base en el terreno debe ser tal que se garantice un incremento mínimo de la densidad luego de poner en funcionamiento el pavimento, por tanto, se exigirá un porcentaje de compactación cuando menos del 100% de la máxima densidad seca obtenida en un ensayo de Próctor Modificado.*

En todos los diseños se contemplará la utilización de sub-base granular con espesores entre 200 y 350 mm, con variaciones cada 50 mm, y una vez se haga el análisis técnico económico se tomará la opción adecuada.

7.1.5. Módulo de rotura del concreto.

Este parámetro es considerado por el criterio de fatiga, es decir, el control del agrietamiento de las losas como consecuencia de la acción repetida de las cargas generadas por el tráfico pesado. La resistencia a la flexión considerada en la metodología es determinada mediante ensayo de módulo de rotura sobre vigas de 15x15x75cm cargadas en los tercios de la luz luego de 28 días de curado.

Para la modelación realizada sobre la estructura de los segmentos aquí analizados, se ha considerado un concreto hidráulico (INVIAS-2013, Articulo 500) con módulo de rotura MR de 38.00 de Kg/cm^2 (540 PSI).

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

7.1.6. Determinación del espesor de concreto.

Se establece el dimensionamiento de la estructura de pavimento, realizando una sensibilización de las siguientes variables: Módulo de reacción de la subrasante k, espesor de la losa y módulo de rotura de la losa, como resultados se obtienen los análisis de fatiga y erosión, en ambos casos el criterio de selección es que sean menores a 100%.

Los cálculos de consumo de fatiga y erosión se realizan considerando espesores de la capa de concreto entre 0.18 m y 0.25 m, sub-base de entre 0.20 y 0.35 m, para cada módulo de soporte combinado de la subrasante y base granular calculado en numerales anteriores.

El diseño se realiza con ayuda del software PCA desarrollado por la universidad del Cauca.

7.2. Método de la AASHTO.

El método fue desarrollado por la AASHTO "Guide For Design of Pavement Structures", la última versión incluye parámetros de diseño como el drenaje, la presencia de bermas y la erosionabilidad de la base.

7.2.1. Desviación normal estándar Zr.

El tránsito que puede soportar el pavimento a lo largo de un periodo de diseño, sigue una ley de distribución normal, con una media Mt y una desviación típica So, en la siguiente tabla se muestra que mediante dicha distribución se puede obtener el valor Z_R asociado a un nivel de confianza.

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

Tabla 7. Valores de Zr en función de la confiabilidad.
Fuente: American Association of State of Highway and Transportation AASHTO. Guide For Design of Pavement Structures 1986.

La guía sugiere los niveles de confiabilidad R indicados la siguiente tabla:

Tipo de carretera	Niveles de confiabilidad	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Tabla 8. Niveles de confiabilidad a adoptar en función del tipo de carretera.
Fuente: American Association of State of Highway and Transportation AASHTO. Guide For Design of Pavement Structures 1986.

7.2.2. Error estándar So.

Se combina la desviación estándar de la ley de predicción del tránsito, con la desviación estándar de la ley de comportamiento del pavimento. La guía recomienda para pavimentos rígidos valores entre 0.30 y 0.40:

- 0.35 = Construcción nueva.
- 0.40 = Sobrecapas.

7.2.3. Índice de servicio y su variación.

El índice de servicio inicial Po depende de la calidad de la construcción, en los pavimentos del ensayó AASHTO, se alcanzaron valores de 4.50 para pavimentos rígidos, y el índice de servicio final Pt se basa en el mínimo tolerado antes de ser necesaria una rehabilitación, los valores se describen en la siguiente tabla:

TIPO DE VÍA	SERVICIABILIDAD FINAL, Pt
Autopistas	2.5 - 3.0
Carreteras	2.0 - 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano principal	1.5 - 2.0
Pavimento urbano secundaria	1.5 - 2.0

Tabla 9. Serviciabilidad final Pt.
Fuente: AASHTO Guide For Design of Pavement Structures. Washington D.C. 1993.

7.2.4. Coeficiente de drenaje CD.

La calidad del drenaje está determinada por el tiempo que tarda el agua infiltrada en ser evacuada del pavimento y por el porcentaje de tiempo a lo largo del año durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación. Se recomiendan los siguientes valores:

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 Horas
Bueno	1 Día
Regular	1 Semana
Pobre	1 Mes
Muy malo	El agua no evacua

Tabla 10. Calidad del drenaje.
Fuente: AASHTO Guide For Design of Pavement Structures. Washington D.C. 1993.

CONVIAL | IAS | STAREGISTER | MJS | Ingeniería Vial

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA

NIT 901847594-7

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL A REALIZAR POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. CMA-SIM-017-2024

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA

INFORME DISEÑO DE PAVIMENTOS

GRUPO PROYECTO 1C

Versión 1

NOVIEMBRE DE 2024

BOGOTÁ D.C.

CONVIAL IAS STARREGISTER MJS | Ingeniería Vial

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA

NIT 901847594-7

CONTROL DE VERSIONES

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE MODIFICACIÓN	FOLIOS
Versión 1	Noviembre - 2024	Versión Inicial	78

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA		
Elaboró	**Revisó**	**Aprobó**
Ing. Jorge Antonio González Ayus	Ing. Jorge Antonio González Ayus	Ing. Manuel José Meza Soto
Especialista	Especialista	Director

SUPERVISION / INTERVENTORÍA
Revisó
Ing. Ingrid Sofia Morales Ávila
Alcaldía de Montería Gerente de Proyectos

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1
2. OBJETIVOS 2
2.1. Objetivo General 2
2.2. Objetivos Específicos 2
3. ALCANCE 3
4. LOCALIZACIÓN 4
5. TRÁNSITO DE DISEÑO 5
5.1. Tránsito Promedio Diario (TPD) 5
5.2. Periodo de Diseño 6
5.3. Factor de Distribución Direccional y Por Carril 6
5.4. Factor Daño 6
5.5. Número de Repeticiones del Eje de Referencia 7
5.6. Espectro de Cargas 9
6. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 13
6.1. Perfiles Estratigráficos 14
6.1.1. Cra 44 entre las calles 25 y 30 15
6.1.2. Calle 25 entre las cras 41 y 44 16
6.1.3. Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25 17
6.1.4. Calle 24 entre las cras 42a y 42b 18
6.1.5. Calle 4a entre las cras 25c y 28 19
6.1.6. Cra 25c entre las diagonales 10 y 11 20
6.1.7. Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c 21
6.1.8. Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14 22
6.1.9. Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e 23
6.1.10. Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14 24
6.2. Capacidad de Soporte de la Subrasante 25
6.3. Potencial Expansivo de la Subrasante 26
7. ESTUDIO DE FUENTES DE MATERIALES 28
7.1. Descripción de las fuentes de materiales 28

7.1.1. Canteras Bismark, Las Balsas. 29
7.1.2. Canteras Loma Grande, Villa Carmen, Las Pulgas. 30
7.1.3. Acopio a orillas del Rio Sinú en Montería 31
7.1.4. Planta de concreto en Montería. 32
8. DISEÑO DE PAVIMENTOS 34
8.1. Mejoramiento de la subrasante con material seleccionado 34
8.2. Diseño de Pavimento Rígido – Método PCA 1984 37
8.2.1. Determinación del Módulo de Reacción de la Subrasante 37
8.2.2. Determinación del Módulo de Reacción Combinado 37
8.2.3. Factor de Seguridad de Carga 38
8.2.4. Periodo de diseño 38
8.2.5. Espectros de Carga 38
8.2.6. Transferencia de Carga 38
8.2.7. Efecto Berma 39
8.2.8. Materiales 39
9. PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN 41
9.1. Cra 44 entre las calles 25 y 30 41
9.2. Calle 25 entre las cras 41 y 44 42
9.3. Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25 43
9.4. Calle 24 entre las cras 42a y 42b 44
9.5. Calle 4a entre las cras 25c y 28 45
9.6. Cra 25c entre las diagonales 10 y 11 46
9.7. Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c 47
9.8. Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14 48
9.9. Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e 49
9.10. Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14 50
9.14. Resumen Estructuras de pavimento 51
10. DISEÑO DE JUNTAS 52
10.1. Juntas Longitudinales 52
10.2. Juntas Transversales 52
10.3. Espaciamiento de Juntas 54
10.4. Esquemas de la modulación de losas 57

11. RECOMENDACIONES TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS 61

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tramos viales para diseñar 3
Tabla 2. Resumen de aforo y composición vehicular 5
Tabla 3. Factor daño 7
Tabla 4. Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial Nacional 8
Tabla 5. Número de ejes equivalentes en el periodo de diseño 8
Tabla 6. Cra 44 entre las calles 25 y 30 9
Tabla 7. Calle 25 entre las cras 41 y 44 9
Tabla 8. Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25 10
Tabla 9. Calle 24 entre las cras 42a y 42b 10
Tabla 10. Calle 4a entre las cras 25c y 28 10
Tabla 11. Cra 25c entre las diagonales 10 y 11 11
Tabla 12. Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c 11
Tabla 13. Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14 11
Tabla 14. Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e 12
Tabla 15. Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14 12
Tabla 16. Ubicación de apiques en los barrios Caribe y Villa Caribe 13
Tabla 17. Ubicación de apiques en los barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraiso .. 14
Tabla 18. Resumen Exploración Geotécnica Cra 44 entre las calles 25 y 30 15
Tabla 19. Resumen Exploración Geotécnica Calle 25 entre las cras 41 y 44 16
Tabla 20. Resumen Exploración Geotécnica Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25 17
Tabla 21. Resumen Exploración Geotécnica Calle 24 entre las cras 42a y 42b 18
Tabla 22. Resumen Exploración Geotécnica Calle 4a entre las cras 25c y 28 19
Tabla 23. Resumen Exploración Geotécnica Cra 25c entre las diagonales 10 y 11 20
Tabla 24. Resumen Exploración Geotécnica Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c 21
Tabla 25. Resumen Exploración Geotécnica Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 1422
Tabla 26. Resumen Exploración Geotécnica Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e .. 23
Tabla 27. Resumen Exploración Geotécnica Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14 24
Tabla 28. Capacidad de soporte de la subrasante. 26
Tabla 29. Potencial expansivo de los suelos según Chen 26
Tabla 30. Condición de expansividad del suelo a partir de la expansión en CBR 27
Tabla 31. Potencial expansivo de la subrasante. 27
Tabla 32. Listado Fuentes de Materiales 28
Tabla 33. Espesores de material de mejoramiento 36
Tabla 34. Capacidad de soporte de la subrasante mejorada 36
Tabla 35. Determinación del módulo de reacción combinado subrasante – subbase granular. 37
Tabla 36. Factor de seguridad de carga 38
Tabla 37. Resumen estructuras de pavimento propuestas 51
Tabla 38. Característica de acero de juntas longitudinales 52

Tabla 39. Característica de acero de juntas transversales 52
Tabla 40. Longitud de las losas 56

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización General de los segmentos viales 4
Ilustración 2. Perfil estratigráfico Cra 44 entre las calles 25 y 30 15
Ilustración 3. Perfil estratigráfico Calle 25 entre las cras 41 y 44 16
Ilustración 4. Perfil estratigráfico Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25 17
Ilustración 5. Perfil estratigráfico Calle 24 entre las cras 42a y 42b 18
Ilustración 6. Perfil estratigráfico Calle 4a entre las cras 25c y 28 19
Ilustración 7. Perfil estratigráfico Cra 25c entre las diagonales 10 y 11 20
Ilustración 8. Perfil estratigráfico Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c 21
Ilustración 9. Perfil estratigráfico Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14 22
Ilustración 10. Perfil estratigráfico Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e 23
Ilustración 11. Perfil estratigráfico Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14 24
Ilustración 12. Localización de fuentes de materiales y plantas de producción de concreto. 29
Ilustración 13. Cantera Las Balsas 30
Ilustración 14. Cantera Bismark 30
Ilustración 15. Cantera Loma Grande – Las Pulgas. 31
Ilustración 16. Cantera Villa Carmen 31
Ilustración 17. Acopio de materiales a orillas del Rio Sinú en Montería. 32
Ilustración 18. Planta de Concretos del Sinú S.A.S. 32
Ilustración 19. Estructura de pavimento propuesta 41
Ilustración 20. Resumen Diseño PCA 41
Ilustración 21. Estructura de pavimento propuesta 42
Ilustración 22. Resumen Diseño PCA 42
Ilustración 23. Estructura de pavimento propuesta 43
Ilustración 24. Resumen Diseño PCA 43
Ilustración 25. Estructura de pavimento propuesta 44
Ilustración 26. Resumen Diseño PCA 44
Ilustración 27. Estructura de pavimento propuesta 45
Ilustración 28. Resumen Diseño PCA 45
Ilustración 29. Estructura de pavimento propuesta 46
Ilustración 30. Resumen Diseño PCA 46
Ilustración 31. Estructura de pavimento propuesta 47
Ilustración 32. Resumen Diseño PCA 47
Ilustración 33. Estructura de pavimento propuesta 48
Ilustración 34. Resumen Diseño PCA 48
Ilustración 35. Estructura de pavimento propuesta 49
Ilustración 36. Resumen Diseño PCA 49
Ilustración 37. Estructura de pavimento propuesta 50
Ilustración 38. Resumen Diseño PCA 50

Ilustración 39. Detalle Construcción de Juntas 53
Ilustración 40. Esquema de colocación de canastillas de barras pasajuntas 53
Ilustración 41. Detalle Canasta Pasadores de Carga 54
Ilustración 42. Modulación de losas 57
Ilustración 43. Modulación de losas 58
Ilustración 44. Modulación de losas 59
Ilustración 45. Modulación de losas 60
Ilustración 46. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados 61
Ilustración 47. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados (Segunda alternativa). 61
Ilustración 48. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de inspección no centrados. 62
Ilustración 49. Esquema de refuerzos para losa con dos o más pozos de inspección 62
Ilustración 50. Esquema viga de choque 65

1. INTRODUCCIÓN

En el presente informe se presentan los resultados del diseño de la estructura de pavimento rígido a través del método de Portland Cement Association [PCA] en los tramos viales urbanos correspondientes al grupo de prioridad 1C de la comuna 6 y 4 en el municipio de Montería, Departamento de Córdoba, los cuales hacen parte del contrato que tiene como objeto ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL A REALIZAR POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA.

Dentro de las variables fundamentales para el análisis estructural del pavimento de concreto hidráulico se requiere la información y cálculos de la resistencia de la subrasante en términos de módulo de reacción, así como la definición de la interfase granular requerida como soporte o apoyo de la estructura de pavimento que permita garantizar el control por los dos fenómenos principales del diseño relacionados con la fatiga y la erosión de la estructura. La variable relacionada con el tránsito se debe analizar a través del espectro de cargas para cada uno de los ejes que se proyectan en la estructura una vez se encuentre en servicio, dicho espectro relaciona las cargas máximas por eje y las repeticiones proyectadas en el periodo de análisis de las estructuras.

Finalmente, con el mismo nivel de importancia del dimensionamiento de la estructura y definición de los tipos de materiales y sus especificaciones técnicas para el control durante la ejecución de obra, se debe garantizar un correcto dimensionamiento de los paños de concreto asociados a las recomendaciones de la norma para la modulación de las losas que permitan obtener el desempeño esperado durante el tiempo en servicio.

659

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Realizar el diseño de pavimentos para los tramos viales urbanos correspondientes al grupo 1C ubicados en la comuna 6 y 4, en el municipio de Montería, Córdoba, de tal forma que se garantice el adecuado comportamiento de la estructura durante su periodo de servicio.

2.2. Objetivos Específicos

- Adelantar conteos de tránsito para definir el tránsito de diseño expresado en términos del espectro de cargas, teniendo en cuenta los pesos máximos por tipo de eje de acuerdo con la resolución 4100 de 2004 del Ministerio de Transporte.

- Ejecutar una campaña de exploración geotécnica para la caracterización de los materiales existentes y de la subrasante.

- Realizar el diseño de pavimentos rígidos para cada segmento vial siguiendo la metodología de la PCA.

- Realizar la modulación de las losas de concreto hidráulico en función de las características geométricas y singularidades del pavimento, así como los diferentes tipos de juntas requeridas para controlar la fisuración del concreto y mantener la capacidad estructural y la calidad del pavimento

- Presentar las recomendaciones constructivas de acuerdo con la experiencia de esta consultoría en este tipo de proyectos.

3. ALCANCE

El alcance del presente informe corresponde al diseño de pavimentos de las siguientes vías enmarcadas dentro de la ejecución del proyecto. Es de aclarar que estos segmentos corresponden a tramos viales de la comuna 6 y 4 del municipio de Montería. A continuación, se muestra una relación de las vías:

Tabla 1. Tramos viales para diseñar

Comuna	Barrios	Longitud del tramo (km)	Dirección
6	Caribe, Villa Caribe	0,834	Cra 44 entre las calles 25 y 30
			Calle 25 entre las cras 41 y 44
			Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25
			Calle 24 entre las cras 42a y 42b
4	El Prado, Galilea, Mogambo, El Paraiso	1,665	Calle 4a entre las cras 25c y 28
			Cras 25c entre las diagonales 10 y 11
			Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c
			Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14
			Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e
			Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14

Fuente. Esta consultoría, 2024

El proyecto tiene como finalidad la construcción de aproximadamente 2500 m de pavimento en concreto hidráulico, distribuidos en los tramos mostrados anteriormente. Como característica principal se evidencia la circulación en dos sentidos, con un carril en cada sentido, con un ancho de vía especifica en cada tramo vial. La anterior descripción se realiza con base en la información suministrada por el solicitante y la visita de campo realizada.

Dentro de dicho análisis, se incluirán todas las obras de ingeniería necesarias para garantizar la estabilidad, buena operatividad y funcionalidad de los tramos viales durante el periodo de diseño determinado para los mismos.

4. LOCALIZACIÓN

El proyecto se encuentra localizado en los barrios Caribe, Villa Caribe El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraiso, pertenecientes a las comunas 6 y 4, zona urbana del municipio de Montería, Departamento de Córdoba. A continuación se presenta la localización de los segmentos viales.

Ilustración 1. Localización General de los segmentos viales



Fuente. Google Earth

5. TRÁNSITO DE DISEÑO

Teniendo en cuenta las necesidades del proyecto, se realizó un estudio para determinar el Tránsito Promedio Diario (TPD) de los segmentos viales ubicados en la comuna 6 y 4 y, posteriormente, el espectro de cargas esperado en el periodo de diseño. Dicho estudio se puede encontrar en el Anexo No. 1.

5.1. Tránsito Promedio Diario (TPD)

De acuerdo con los conteos realizados del tránsito existente y considerando el porcentaje de tránsito atraído y generado que circularía por la vía una vez se encuentre pavimentada, el tránsito promedio diario (TPD) para el año 2024 en cada uno de los tramos viales analizados y su composición vehicular se muestra a continuación.

Tabla 2. Resumen de aforo y composición vehicular

SEGMENTO VIAL	TPD 2024	COMPOSICIÓN VEHICULAR [%]							
		Automovil	Bus	C2P	C2G	C3	C2S2	C3S2	C3S3
Cra 44 entre las calles 25 y 30	128	35.71	-	45.92	12.24	4.08	-	2.04	-
Calle 25 entre las cras 41 y 44	97	75.68	-	13.51	8.11	2.7	-	-	-
Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25	47	69.44	-	13.89	16.67	-	-	-	-
Calle 24 entre las cras 42a y 42b	100	77.92	-	10.39	10.39	1.3	-	-	-
Calle 4a entre las cras 25c y 28	141	55.05	-	35.78	6.42	2.75	-	-	-
Cra 25c entre las diagonales 10 y 11	34	38.46	-	38.46	23.08	-	-	-	-
Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c	50	52.63	-	26.32	21.05	-	-	-	-
Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14	50	52.63	-	28.95	18.42	-	-	-	-
Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e	58	44.44	-	28.89	17.78	8.89	-	-	-
Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14	63	40.82	-	32.65	18.37	8.16	-	-	-

Fuente. Estudio de tránsito para pavimentación de vías en barrios de la comuna 4 y 6 en el municipio de Montería, departamento de Córdoba

5.2. Periodo de Diseño

Teniendo en cuenta las recomendaciones del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS, se considera un periodo de diseño de **20 años**.

5.3. Factor de Distribución Direccional y Por Carril

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. En este caso, se asume un **50 %** en cada sentido.

El Factor de distribución por carril (Fc) corresponde a la distribución de camiones entre los carriles con el mismo sentido. En carreteras de dos carriles, con un carril por sentido, el valor del factor de distribución direccional es de **100 %**.

5.4. Factor Daño

Para cuantificar el Factor Daño de cada una de las tipologías de vehículos incluidas en el conteo de tránsito, se emplearon las configuraciones de ejes y cargas establecidas por INVIAS. Así mismo, se empleó el método de cuarta potencia (Huang, 1993) para determinar el Factor Daño, el cual se muestra a continuación.

$$Fe = \left[\frac{Pi}{Pe}\right]^{n}$$

En donde:

Fe: Factor de equivalencia

Pi: Carga en el eje

Pe: Carga en el eje patrón

n: Exponente

Eje	Direccional	Sencillo de llanta doble	Tándem	Trídem
Carga patrón (kN)	60.00	81.81	132.14	184.00
Exponencial	4	4.5	4.2	4.3

Tabla 3. Factor daño

CÁLCULO DE FACTORES DAÑO POR VEHÍCULO - LEY DE LA CUARTA POTENCIA										
TIPO DE VEHÍCULO	PESO BRUTO MÁXIMO (Ton)	CARGA (Ton)				FACTOR DAÑO				Cálculo FDV
		Eje Simple Rueda Simple	Eje Simple Rueda Doble	Eje Tándem	Eje Trídem	Eje Simple Rueda Simple	Eje Simple Rueda Doble	Eje Tándem	Eje Trídem	
C2P	10	3.1	6.6			0.07	0.35			0.41
C2G	17	6	11			0.92	3.48			4.40
C3	28	6		22		0.92		7.85		8.77
C3S2	50	6		21 (2)		0.92		12.91		13.84
C3S3	52	6		22	24	0.92		8.02	2.88	11.83

Fuente. Esta consultoría, 2024

5.5. Número de Repeticiones del Eje de Referencia

El número de ejes equivalentes de 8,2 ton en el carril de diseño para el periodo de diseño se ha determinado mediante la siguiente expresión:

$$N = 365 \times F_c \times F_d \times \sum TPD_i \cdot C_i$$

En donde:

N: Número anual de ejes equivalentes de 8.2 Ton.

Fd: Factor de distribución direccional.

Fc: Factor de distribución por carril.

TPDi: Tránsito promedio diario para cada tipo de vehículo.

Ci: Factor de equivalencia de carga por tipo de vehículo.

El Tránsito promedio diario se proyectó para el periodo de diseño empleando una tasa de crecimiento de 4% según el INVIAS de acuerdo con la magnitud del TPD, como se indica continuación.

Tabla 4. Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial Nacional

TDPS	Tasas de crecimiento (%)				# Estaciones analizadas
	Total vehículos		Vehículos comerciales		
	Rango	Promedio	Rango	Promedio	
<500	2.0 - 4.0 %	3.6%	2.0 - 4.0 %	2.9%	28
500 - 1000	3.0 - 6.0 %	3.4%	2.0 - 4.0 %	2.6%	49
1000 - 2500	3.0 - 6.0 %	4.3%	2.0 - 5.0 %	3.3%	134
2500 - 5000	3.0 - 6.0 %	4.3%	3.0 - 5.0 %	3.4%	144
5000 - 10000	3.0 - 6.0 %	4.5%	3.0 - 5.0 %	3.8%	146
>10000	3.0 - 6.0 %	4.3%	3.0 - 6.0 %	3.8%	89

Fuente. Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito

El análisis de tránsito para cada uno de los tramos viales se presenta a continuación:

Tabla 5. Número de ejes equivalentes en el periodo de diseño

SEGMENTO VIAL	$N_{8.2}$ (20 años)
Cra 44 entre las calles 25 y 30	960,890
Calle 25 entre las cras 41 y 44	356,183
Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25	210,115
Calle 24 entre las cras 42a y 42b	347,159
Calle 4a entre las cras 25c y 28	535,600
Cras 25c entre las diagonales 10 y 11	225,769
Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c	292,548
Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14	262,933
Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e	551,361
Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14	590,882

Fuente. Esta consultoría, 2024

5.6. Espectro de Cargas

Así mismo, teniendo en cuenta la configuración vehicular seleccionada, se presentan los espectros de carga empleados para el diseño de pavimento rígido.

Tabla 6. Cra 44 entre las calles 25 y 30

ESPECTRO DE CARGAS							
Vehículo	Eje Simple Rueda Simple		Eje Simple Rueda Doble		Eje Tándem		Eje Trídem
	3.1	6	6.6	11	21	22	24
C2P	332,204		332,204				
C2G		88,549		88,549			
C3		29,516				29,516	
C2S2		0			0		
C3S2		14,758			29,516		
TOTAL	**332,204**	**132,824**	**332,204**	**88,549**	**29,516**	**29,516**	**0**

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 7. Calle 25 entre las cras 41 y 44

ESPECTRO DE CARGAS							
Vehículo	Eje Simple Rueda Simple		Eje Simple Rueda Doble		Eje Tándem		Eje Trídem
	3.1	6	6.6	11	21	22	24
C2P	74,066		74,066				
C2G		44,462		44,462			
C3		14,802				14,802	
C2S2		0			0		
C3S2		0				0	0
TOTAL	**74,066**	**59,264**	**74,066**	**44,462**	**0**	**14,802**	**0**

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 8. Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25

ESPECTRO DE CARGAS							
Vehículo	Eje Simple Rueda Simple		Eje Simple Rueda Doble		Eje Tándem		Eje Trídem
	3.1	6	6.6	11	21	22	24
C2P	36,897		36,897				
C2G		44,282		44,282			
C3		0				0	
C2S2		0			0		
C3S2		0				0	0
TOTAL	**36,897**	**44,282**	**36,897**	**44,282**	**0**	**0**	**0**

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 9. Calle 24 entre las cras 42a y 42b

ESPECTRO DE CARGAS							
Vehículo	Eje Simple Rueda Simple		Eje Simple Rueda Doble		Eje Tándem		Eje Trídem
	3.1	6	6.6	11	21	22	24
C2P	58,723		58,723				
C2G		58,723		58,723			
C3		7,347				7,347	
C2S2		0			0		
C3S2		0				0	0
TOTAL	**58,723**	**66,070**	**58,723**	**58,723**	**0**	**7,347**	**0**

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 10. Calle 4a entre las cras 25c y 28

ESPECTRO DE CARGAS							
Vehículo	Eje Simple Rueda Simple		Eje Simple Rueda Doble		Eje Tándem		Eje Trídem
	3.1	6	6.6	11	21	22	24
C2P	285,136		285,136				
C2G		51,162		51,162			
C3		21,915				21,915	
C2S2		0			0		
C3S2		0				0	0
TOTAL	**285,136**	**73,077**	**285,136**	**51,162**	**0**	**21,915**	**0**

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 11. Cra 25c entre las diagonales 10 y 11

ESPECTRO DE CARGAS							
Vehículo	Eje Simple Rueda Simple		Eje Simple Rueda Doble		Eje Tándem		Eje Trídem
	3.1	6	6.6	11	21	22	24
C2P	73,906		73,906				
C2G		44,351		44,351			
C3		0				0	
C2S2		0			0		
C3S2		0				0	0
TOTAL	**73,906**	**44,351**	**73,906**	**44,351**	**0**	**0**	**0**

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 12. Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c

ESPECTRO DE CARGAS							
Vehículo	Eje Simple Rueda Simple		Eje Simple Rueda Doble		Eje Tándem		Eje Trídem
	3.1	6	6.6	11	21	22	24
C2P	74,379		74,379				
C2G		59,486		59,486			
C3		0				0	
C2S2		0			0		
C3S2		0				0	0
TOTAL	**74,379**	**59,486**	**74,379**	**59,486**	**0**	**0**	**0**

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 13. Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14

ESPECTRO DE CARGAS							
Vehículo	Eje Simple Rueda Simple		Eje Simple Rueda Doble		Eje Tándem		Eje Trídem
	3.1	6	6.6	11	21	22	24
C2P	81,811		81,811				
C2G		52,054		52,054			
C3		0				0	
C2S2		0			0		
C3S2		0				0	0
TOTAL	**81,811**	**52,054**	**81,811**	**52,054**	**0**	**0**	**0**

Fuente. Esta consultoría, 2024

664

Tabla 14. Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e

ESPECTRO DE CARGAS							
Vehículo	Eje Simple Rueda Simple		Eje Simple Rueda Doble		Eje Tándem		Eje Trídem
	3.1	6	6.6	11	21	22	24
C2P	94,704		94,704				
C2G		58,284		58,284			
C3		29,142				29,142	
C2S2		0			0		
C3S2		0				0	0
TOTAL	**94,704**	**87,427**	**94,704**	**58,284**	**0**	**29,142**	**0**

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 15. Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14

ESPECTRO DE CARGAS							
Vehículo	Eje Simple Rueda Simple		Eje Simple Rueda Doble		Eje Tándem		Eje Trídem
	3.1	6	6.6	11	21	22	24
C2P	116,256		116,256				
C2G		65,410		65,410			
C3		29,055				29,055	
C2S2		0			0		
C3S2		0				0	0
TOTAL	**116,256**	**94,465**	**116,256**	**65,410**	**0**	**29,055**	**0**

Fuente. Esta consultoría, 2024

6. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Con base en la información suministrada por el solicitante se desarrollaron 12 apiques distribuidos en los tramos viales propuestos. En las siguientes tablas se relacionan las coordenadas y profundidades de los apiques realizados.

Tabla 16. Ubicación de apiques en los barrios Caribe y Villa Caribe

Barrios	No. Apique	Profundidad Explorada (m)	Coordenadas	
Caribe y Villa Caribe	APIQUE 90	1.50	8°44'9.87"N	75°51'25.77"O
	APIQUE 89	1.50	8°44'14.93"N	75°51'22.55"O
	APIQUE 85	1.50	8°44'11.96"N	75°51'34.33"O
	APIQUE 88	1.50	8°44'9.66"N	75°51'29.86"O
	APIQUE 87	1.50	8°44'9.54"N	75°51'32.60"O
	APIQUE 86	1.50	8°44'8.84"N	75°51'33.59"O



Fuente. Informe de Estudio de suelos

Tabla 17. Ubicación de apiques en los barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraiso

Barrios	No. Apique	Profundidad Explorada (m)	Coordenadas	
El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso	APIQUE 133	1.50	8°43'52.46"N	75°53'16.64"O
	APIQUE 134	1.50	8°43'52.83"N	75°53'6.87"O
	APIQUE 135	1.50	8°43'49.26"N	75°53'1.26"O
	APIQUE 136	1.50	8°43'46.67"N	75°52'53.50"O
	APIQUE 137	1.50	8°43'43.94"N	75°52'45.10"O
	APIQUE 138	1.50	8°43'43.03"N	75°52'36.68"O



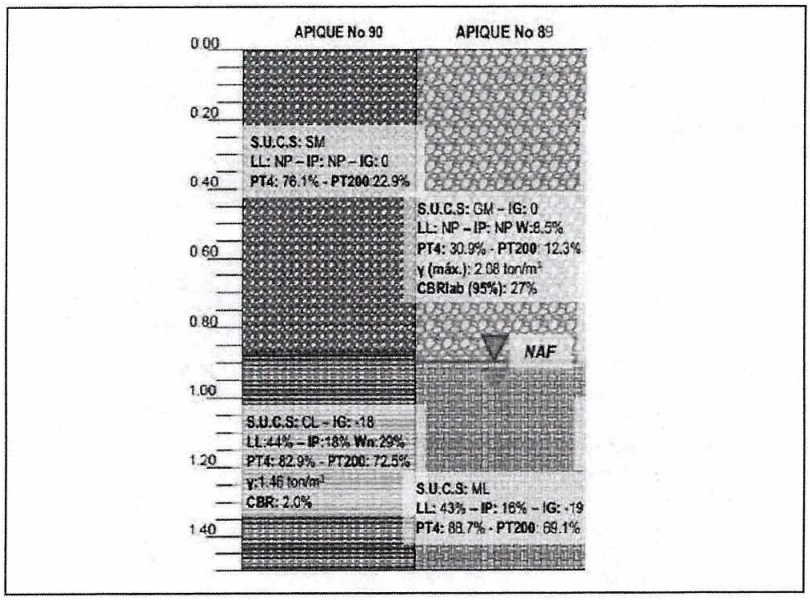
Fuente. Informe de Estudio de suelos

6.1. Perfiles Estratigráficos

A partir de los trabajos realizados, se pudieron establecer los perfiles estratigráficos que se muestran a continuación.

6.1.1. Cra 44 entre las calles 25 y 30

Ilustración 2. Perfil estratigráfico Cra 44 entre las calles 25 y 30



Fuente. Informe de Estudio de suelos

Se presenta la tabla resumen con los resultados de los trabajos de exploración geotécnica en dicho tramo de vía.

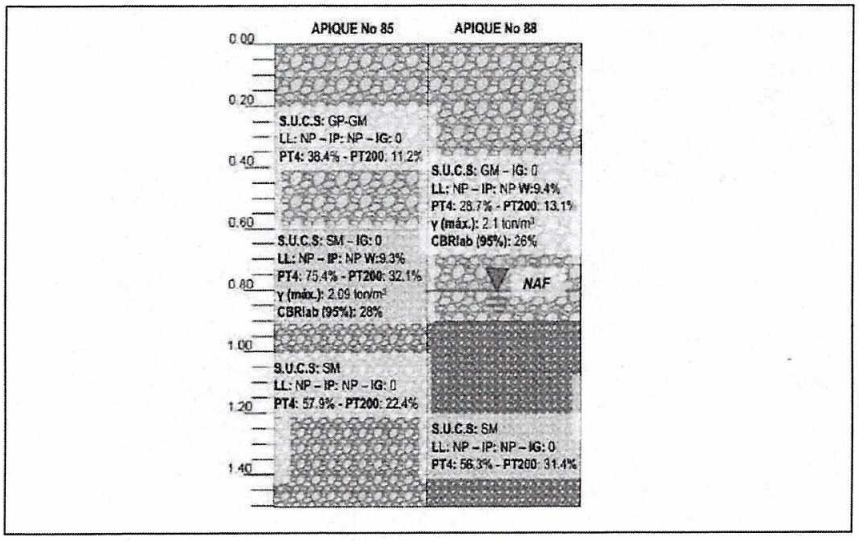
Tabla 18. Resumen Exploración Geotécnica Cra 44 entre las calles 25 y 30

	FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN		PESO UNITARIO (lb/ft³)				C.B.R.			
									4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
APIQUE No 89	23/07/2024	89	CRA 44 - CLL 30	0.00-0.90		GRAVA LIMOSA COLOR NEGRO Y RESIDUOS		8,50	30,9	24,7	16,4	12,3	0	0	NP	0	A-1-a	GM				130,0			27%	
	B\ CARIBE			0.90-1.30		LIMO DE BAJA PLASTICIDAD COLOR NEGRO Y ROCAS			88,7	82,8	74,3	69,1	43	27	16	-19	A-7-6	ML								
APIQUE No 90	23/07/2024	90	CRA 44 - CLL 26	0.00-0.87		ARENA LIMOSA COLOR ROJIZO			76,1	56,0	32,0	22,9	0	0	NP	0	A-1-b	SM								
	B\ CARIBE			0.87-1.30		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR NEGRO	29,01	49,47	82,9	79,7	74,3	72,5	44	26	18	-18	A-7-6	CL	70,5	91,0	105,4		4,7	2,0		0,08

Fuente. Informe de Estudio de suelos

6.1.2. Calle 25 entre las cras 41 y 44

Ilustración 3. Perfil estratigráfico Calle 25 entre las cras 41 y 44



Fuente. Informe de Estudio de suelos

Se presenta la tabla resumen con los resultados de los trabajos de exploración geotécnica en dicho tramo de vía.

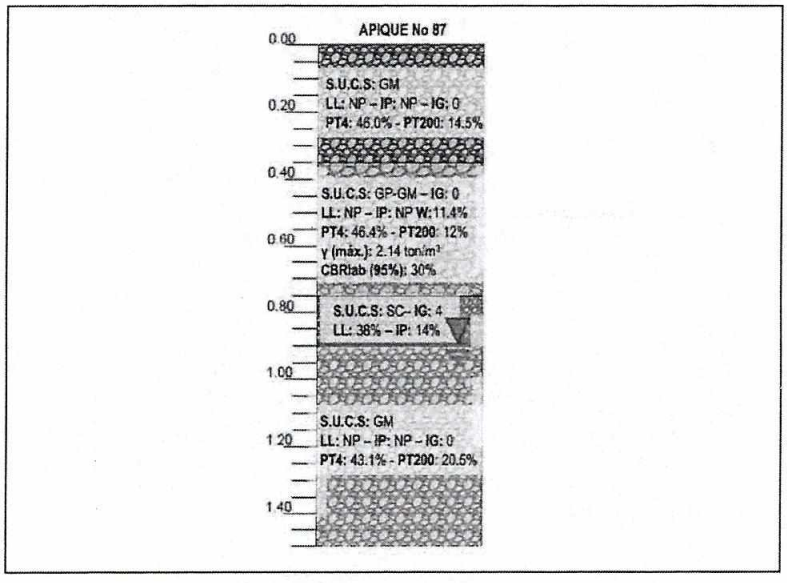
Tabla 19. Resumen Exploración Geotécnica Calle 25 entre las cras 41 y 44

	FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
									4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
APIQUE No 85	23/07/2024 B\ VILLA CARIBE	85	CLL 25 ENTRE CRA 41-42	0.00-0.60		GRAVA LIMOSA POBREMENTE GRADADA COLOR ROJIZO Y CAFÉ			38,4	30,1	17,4	11,2	0	0	NP	0	A-1-a	GP-GM								
				0.60-0.90		ARENA LIMOSA COLOR NEGRO RESIDUOS URBANOS Y RAICES		9,30	75,4	62,2	41,9	32,1	0	0	NP	0	A-7-6	SM				130,2			28%	
				0.90-1.30		ARENA LIMOSA COLOR GRIS CLARO			57,9	47,9	31,3	22,4	0	0	NP	0	A-1-b	SM								
APIQUE No 88	23/07/2024 B\ VILLA CARIBE	88	CLL 25 ENTRE CRA 43-43A	0.00-0.90		GRAVA LIMOSA COLOR NEGRO Y ESCOMBROS		9,37	28,7	23,7	17,5	13,1	0	0	NP	0	A-1-a	GM				131,9			26%	
				0.90-1.30		ARENA LIMOSA COLOR NEGRO			56,3	41,6	35,3	31,4	0	0	NP	0	A-2-4	SM								

Fuente. Informe de Estudio de suelos

6.1.3. Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25

Ilustración 4. Perfil estratigráfico Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25



Fuente. Informe de Estudio de suelos

Se presenta la tabla resumen con los resultados de los trabajos de exploración geotécnica en dicho tramo de vía.

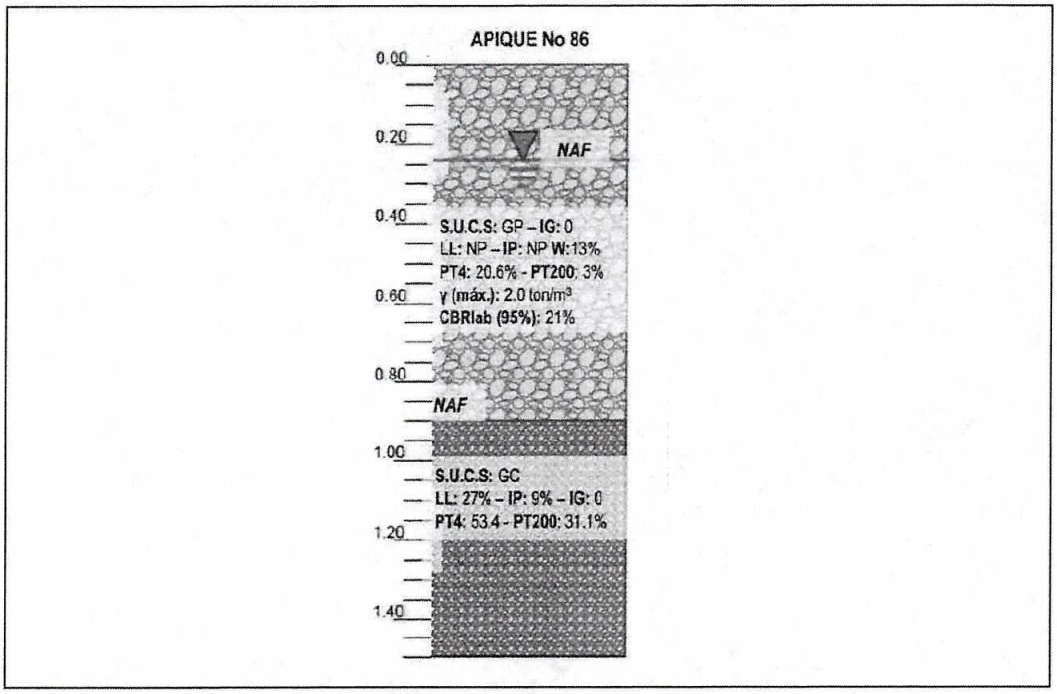
Tabla 20. Resumen Exploración Geotécnica Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25

	FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
									4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	
APIQUE No 87	23/07/2024	87	CRA 42B ENTRE CLL24-25	0.00-0.35		GRAVA LIMOSA COLOR NEGRO Y MARRÓN			46,0	32,8	20,7	14,5	0	0	NP	0	A-1-a	GM								
				0.35-0.75		GRAVA LIMOSA POBREMENTE GRADADA COLOR MARRÓN CLARO		11,35	46,4	31,1	17,2	12,0	0	0	NP	0	A-1-a	GP-GM				133,7			30%	
	B\ VILLA CARIBE			0.75-0.90		ARENA ARCILLOSA COLOR NEGRO RESIDUOS URBANOS Y ROCAS			83,9	70,4	54,4	47,7	38	24	14	4	A-6	SC								
				0.90-1.30		GRAVA LIMOSA COLOR NEGRO			43,1	34,2	29,7	20,5	0	0	NP	0	A-1-b	GM								

Fuente. Informe de Estudio de suelos

6.1.4. Calle 24 entre las cras 42a y 42b

Ilustración 5. Perfil estratigráfico Calle 24 entre las cras 42a y 42b



Fuente. Informe de Estudio de suelos

Se presenta la tabla resumen con los resultados de los trabajos de exploración geotécnica en dicho tramo de vía.

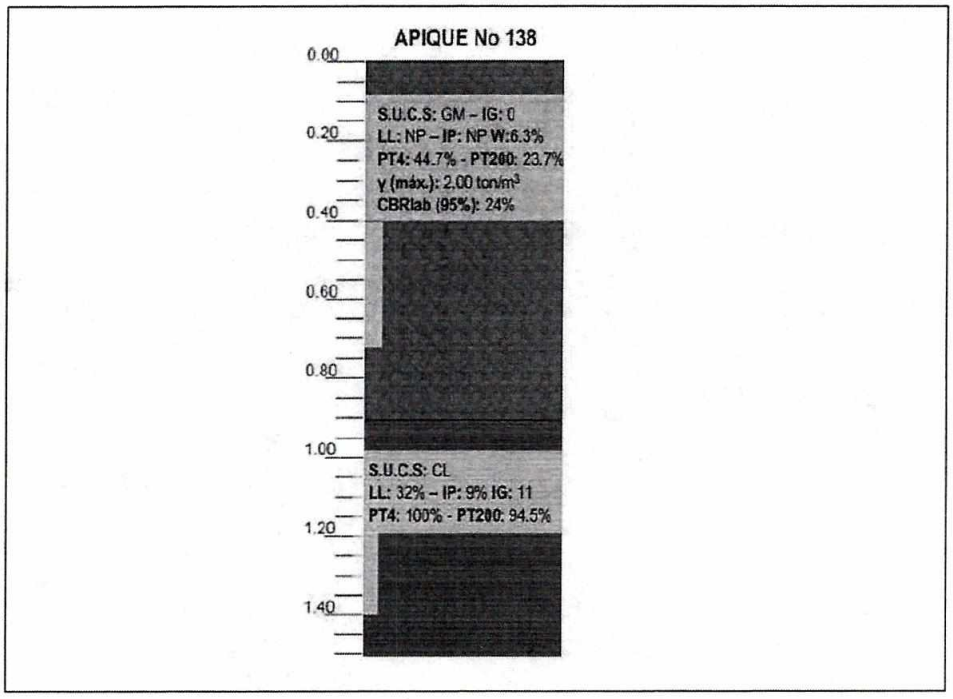
Tabla 21. Resumen Exploración Geotécnica Calle 24 entre las cras 42a y 42b

	FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LIMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
									4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
APIQUE No 86	23/07/2024	86	CLL 24 ENTRE CRA 42A-42B	0.00-0.90		GRAVA POBREMENTE GRADADA COLOR NEGRO		13,00	20,6	14,8	6,0	3,0	0	0	NP	0	A-1-a	GP				125,9			21%	
	B\ VILLA CARIBE			0.90-1.30		GRAVA ARCILLOSA COLOR NEGRO			53,4	45,9	35,5	31,1	27	18	9	0	A-2-4	GC								

Fuente. Informe de Estudio de suelos

6.1.5. Calle 4a entre las cras 25c y 28

Ilustración 6. Perfil estratigráfico Calle 4a entre las cras 25c y 28



Fuente. Informe de Estudio de suelos

Se presenta la tabla resumen con los resultados de los trabajos de exploración geotécnica en dicho tramo de vía.

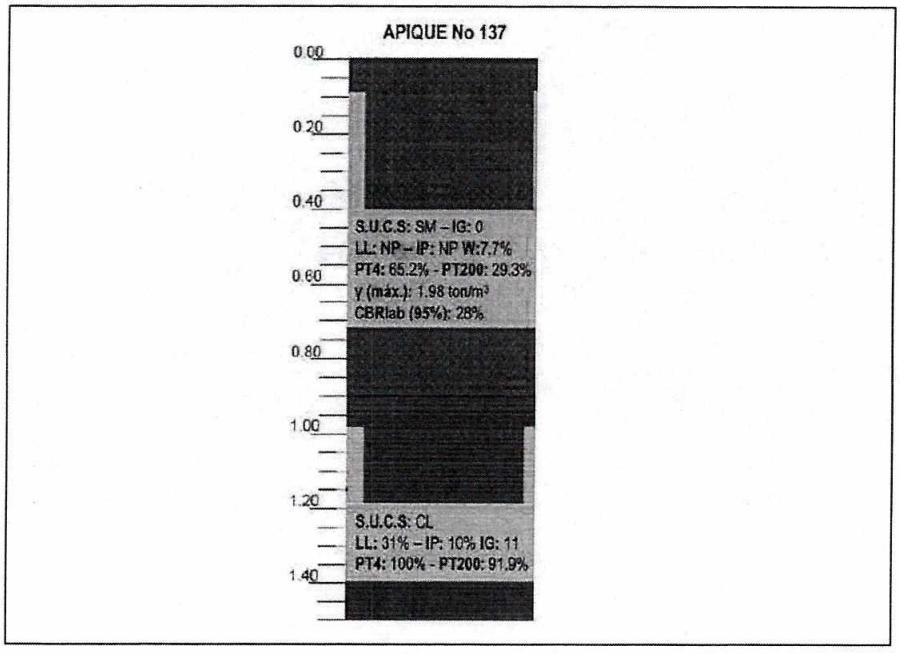
Tabla 22. Resumen Exploración Geotécnica Calle 4a entre las cras 25c y 28

	FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN		PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.				
									4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
APIQUE No 138	23/09/2024	138	CLL 4A - CRA 28	0.00-0.90		GRAVA LIMOSA COLOR ROJIZO Y CAFÉ		6,32	44,7	37,5	27,7	23,7	0	0	NP	0	A-1-b	GM				125,0			24%	
	B\ EL PARAÍSO			0.90-1.30		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR GRIS OSCURO			100	100	99,6	94,5	32	23	9	11	A-4	CL								

Fuente. Informe de Estudio de suelos

6.1.6. Cra 25c entre las diagonales 10 y 11

Ilustración 7. Perfil estratigráfico Cra 25c entre las diagonales 10 y 11



Fuente. Informe de Estudio de suelos

Se presenta la tabla resumen con los resultados de los trabajos de exploración geotécnica en dicho tramo de vía.

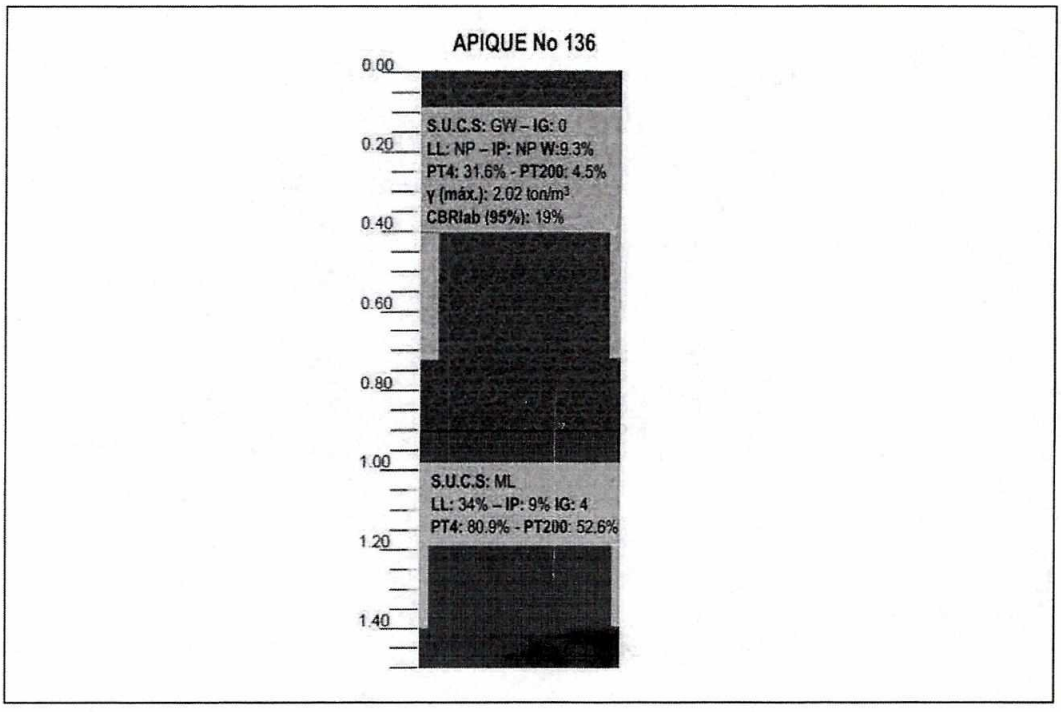
Tabla 23. Resumen Exploración Geotécnica Cra 25c entre las diagonales 10 y 11

	FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN		PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.				
									4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
APIQUE No 137	23/09/2024 B\ MOGAMBO	137	DIAG 10 CRA 25C	0.00-0.90		ARENA LIMOSA COLOR ROJIZO		7,72	65,2	51,5	35,9	29,3	0	0	NP	0	A-2-4	SM				123,8			28%	
				0.90-1.30		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR GRIS OSCURO			100	99,6	99,4	91,9	31	21	10	11	A-4	CL								

Fuente. Informe de Estudio de suelos

6.1.7. Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c

Ilustración 8. Perfil estratigráfico Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c



Fuente. Informe de Estudio de suelos

Se presenta la tabla resumen con los resultados de los trabajos de exploración geotécnica en dicho tramo de vía.

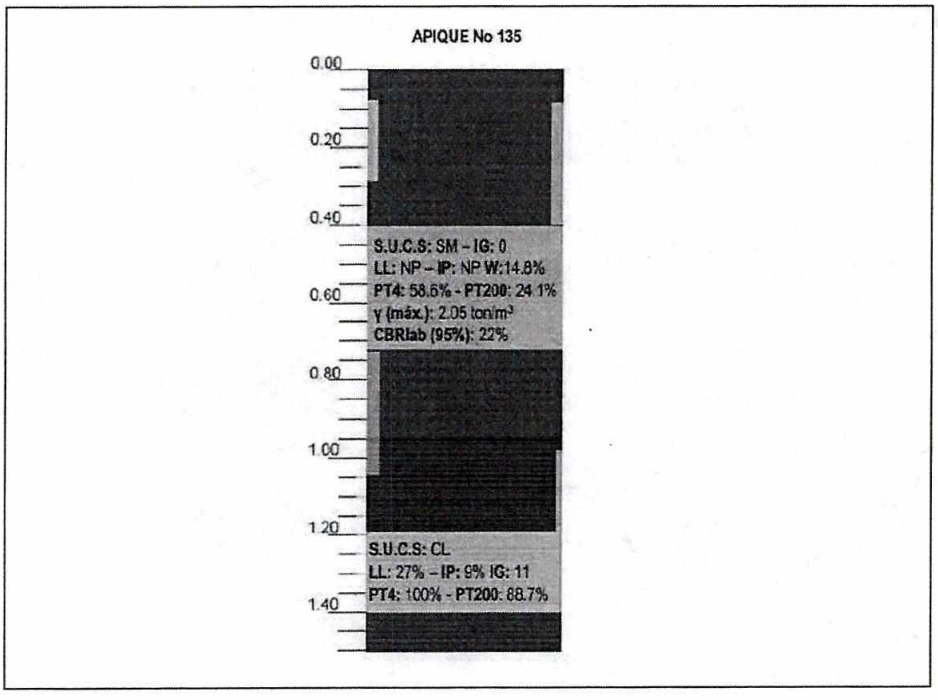
Tabla 24. Resumen Exploración Geotécnica Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c

	FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]			C.B.R.			
									4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
APIQUE No 136	23/09/2024	136	DIAG 10 CRA 20	0.00-0.90		GRAVA BIEN GRADADA COLOR CAFÉ- PRESENCIA DE ESCOMBROS Y RESIDUOS		9,25	31,6	21,5	8,8	4,5	0	0	NP	0	A-1-a	GW				125,9			19%	
	B\ MOGAMBO			0.90-1.30		LIMO DE BAJA PLASTICIDAD COLOR GRIS OSCURO			80,9	72,3	57,4	52,6	34	25	9	4	A-4	ML								

Fuente. Informe de Estudio de suelos

6.1.8. Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14

Ilustración 9. Perfil estratigráfico Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14



Fuente. Informe de Estudio de suelos

Se presenta la tabla resumen con los resultados de los trabajos de exploración geotécnica en dicho tramo de vía.

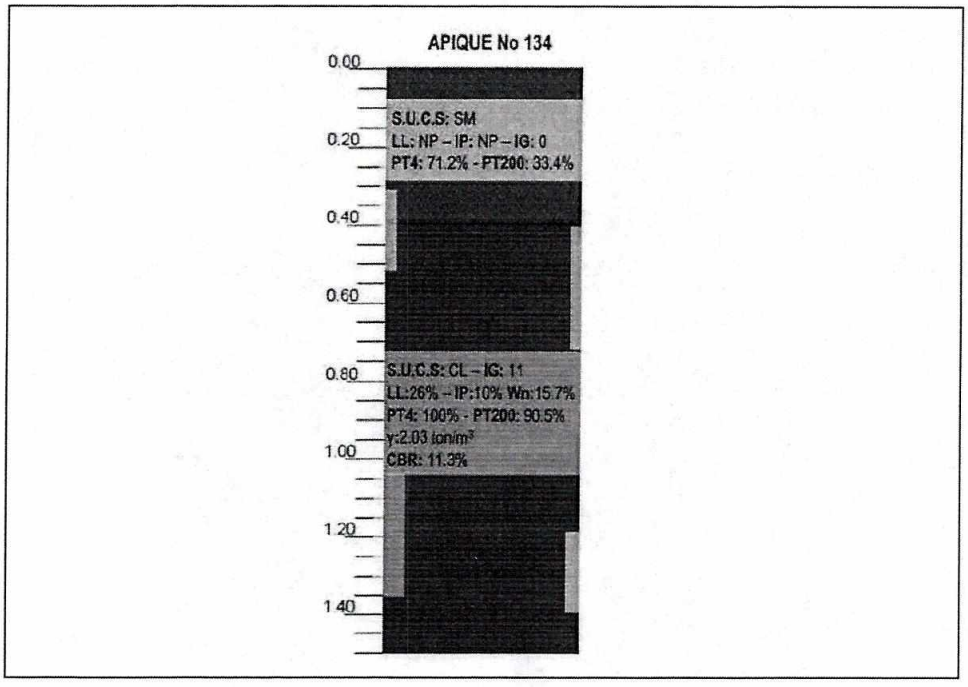
Tabla 25. Resumen Exploración Geotécnica Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14

	FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
									4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
APIQUE No 135	23/09/2024	135	DIAG 1B - CRA 17	0.00-0.95		ARENA LIMOSA COLOR ROJIZO		14,83	58,6	46,6	31,6	24,1	0	0	NP	0	A-1-b	SM				127,8			22%	
	B\ MOGAMBO			0.95-1.30		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR CAFÉ OSCURO			100	99,6	99,3	88,7	27	18	9	11	A-4	CL								

Fuente. Informe de Estudio de suelos

6.1.9. Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e

Ilustración 10. Perfil estratigráfico Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e



Fuente. Informe de Estudio de suelos

Se presenta la tabla resumen con los resultados de los trabajos de exploración geotécnica en dicho tramo de vía.

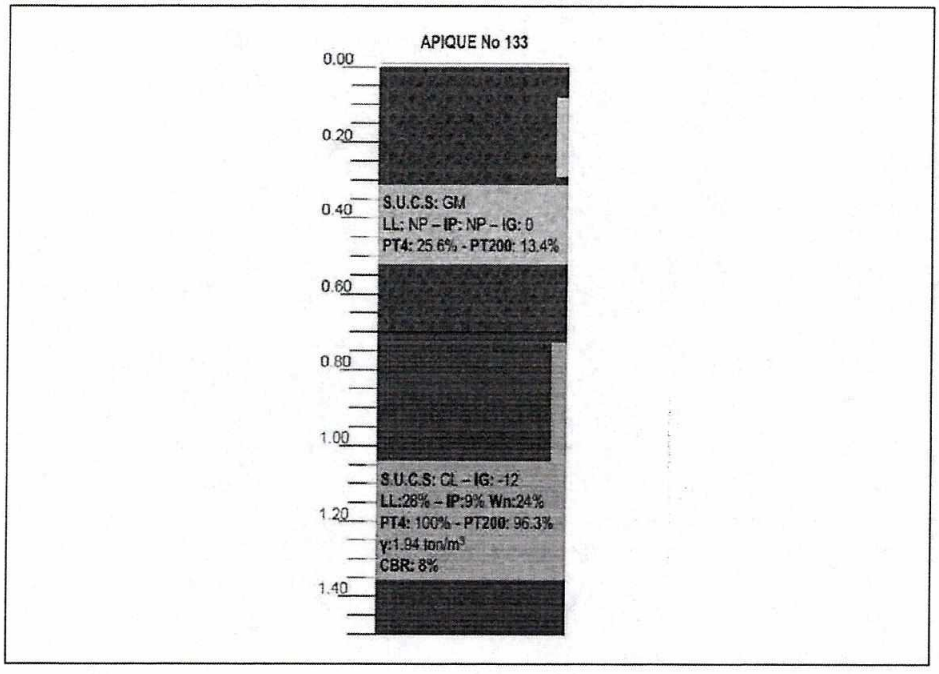
Tabla 26. Resumen Exploración Geotécnica Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e

	FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.				
									4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
APIQUE No 134	23/09/2024	134	DIAG 2 - TRANSV 14	0.00-0.40		ARENA LIMOSA COLOR ROJIZO			71,2	59,7	42,0	33,4	0	0	NP	0	A-2-4	SM								
	B\ GALILEA			0.40-1.30		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR CAFÉ OSCURO	15,74	20,58	100	99,8	99,6	90,5	26	16	10	11	A-4	CL	109,5	126,7	132,0		16,0	11,3		0,06

Fuente. Informe de Estudio de suelos

6.1.10. Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14

Ilustración 11. Perfil estratigráfico Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14



Fuente. Informe de Estudio de suelos

Se presenta la tabla resumen con los resultados de los trabajos de exploración geotécnica en dicho tramo de vía.

Tabla 27. Resumen Exploración Geotécnica Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14

	FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN		PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
									4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
APIQUE No 133	23/09/2024	133	DIAG 2 ENTRE CRA 10-11	0.00-0.70		GRAVA LIMOSA COLOR CAFÉ			25,6	21,3	15,6	13,4	0	0	NP	0	A-1-a	GM								
	B\ EL PRADO - GALILEA			0.70-1.30		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR CAFÉ OSCURO	23,96	28,25	100	99,7	98,9	96,3	28	19	9	12	A-4	CL	97,9	121,3	125,5		12,0	8,0		0,04

Fuente. Informe de Estudio de suelos

6.2. Capacidad de Soporte de la Subrasante

A partir de los resultados del ensayo de CBR, se determinará el módulo resiliente de la subrasante con base en la siguiente correlación, de acuerdo con lo recomendado por la agencia investigadora AASHTO en su última versión MEPDG (NCRHP, 2004).

$$M_R = 2555 \times CBR^{0.64};\ M_R \text{ en psi}$$
$$M_R = 17.6 \times CBR^{0.64};\ M_R \text{ en MPa}$$

Así mismo, para efectos del diseño de pavimentos rígidos determina el módulo de reacción de la subrasante, siguiendo las siguientes ecuaciones:

- ✓ $Para\ CBR \leq 10\% \quad \rightarrow \quad K = 0.25 + 5.15 * Log(CBR)\ ;\ \ K\ en\ kg/cm^3$
- ✓ $Para\ CBR > 10\% \quad \rightarrow \quad K = 4.51 + 0.89 * Log(CBR)^{4.34}\ ;\ \ K\ en\ kg/cm^3$

Cabe resaltar que se adoptó los valores de CBR **en condición de inmersión** adoptando así un criterio conservador para el diseño. Además, en los tramos viales en los cuales se realizó más de un apique, **se adoptó el menor valor de CBR**.

NOTA:

En la mayoría de los apiques, se determinó el valor de CBR para un material granular con material alterado, obteniéndose valores de CBR superiores a 20 %, sin embargo, para adoptar un criterio conservador para el diseño se tomará como valor de CBR igual a 10 %.

678

A continuación, se muestran los resultados del análisis de capacidad de soporte de la subrasante para todos los segmentos viales.

Tabla 28. Capacidad de soporte de la subrasante.

SEGMENTO VIAL	CBR diseño [%]
Cra 44 entre las calles 25 y 30	2.0
Calle 25 entre las cras 41 y 44	10.0
Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25	10.0
Calle 24 entre las cras 42a y 42b	10.0
Calle 4a entre las cras 25c y 28	10.0
Cra 25c entre las diagonales 10 y 11	10.0
Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c	10.0
Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14	10.0
Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e	11.3
Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14	8.0

Fuente. Esta consultoría, 2024

6.3. Potencial Expansivo de la Subrasante

El potencial expansivo de la subrasante se estimó a partir de las características de plasticidad de los materiales encontrados, según la metodología propuesta por Chen.

Tabla 29. Potencial expansivo de los suelos según Chen

Potencial Expansivo	Limite Liquido [%]	Indice de Plasticidad [%]
Bajo	< 30	< 15
Medio	30 - 60	15 - 35
Alto	> 60	> 35

Fuente. INVIAS, 2013

Además, a partir de la expansión reportada en el ensayo de CBR, se puede determinar qué tan problemático puede ser el material, según la siguiente tabla.

Tabla 30. Condición de expansividad del suelo a partir de la expansión en CBR

Condición para el suelo	% Expansión en CBR
No problemático	< 2
Problemático	4 - 6

Fuente. INVIAS, 2013

A continuación, se presenta el análisis de potencial de expansión para cada segmento vial, teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados.

Tabla 31. Potencial expansivo de la subrasante.

TRAMO	APIQUE	MUESTRA			CONSISTENCIA				Expansión en CBR [%]	POTENCIAL DE EXPANSIÓN		
		No.	Profundidad [m]		Humedad Natural [%]	Limite Liquido [%]	Limite Plástico [%]	IP [%]		A partir del Limite Liquido	Apartir del Índice de Plasticidad	Expansión en CBR [%]
			Desde	Hasta								
Cra 44 entre las calles 25 y 30	89	1	0	0.9		0	0	NP				
		2	0.9	1.3		43	27	16	-			
	90	1	0	0.87		0	0	NP				
		2	0.87	1.3	29.01	44	26	18	0.08	Medio	Medio	No problemático
Calle 25 entre las cras 41 y 44	85	1	0	0.6		0	0	NP				
		2	0.6	0.9		0	0	NP				
		3	0.9	1.3		0	0	NP	-			
	88	1	0	0.9		0	0	NP				
		2	0.9	1.3		0	0	NP	-			
Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25	87	1	0	0.35		0	0	NP				
		2	0.35	0.75		0	0	NP				
		3	0.75	0.9		38	24	14		Medio	Bajo	
		4	0.9	1.3		0	0	NP				
Calle 24 entre las cras 42a y 42b	86	1	0	0.9		0	0	NP				
		2	0.9	1.3		27	18	9	-	Bajo	Bajo	
Calle 4a entre las cras 25c y 28	138	1	0	0.9		0	0	NP				
		2	0.9	1.3		32	23	9	-	Medio	Bajo	
Cra 25c entre las diagonales 10 y 11	137	1	0	0.9		0	0	NP				
		2	0.9	1.3		31	21	10	-	Medio	Bajo	
Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14	135	1	0	0.95		0	0	NP				
		2	0.95	1.3		27	18	9	-	Bajo	Bajo	
Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e	134	1	0	0.4		0	0	NP				
		2	0.4	1.3		26	16	10	0.06	Bajo	Bajo	No problemático
Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14	133	1	0	0.7		0	0	NP				
		2	0.7	1.3		28	19	9	0.04	Bajo	Bajo	No problemático

Fuente. Esta consultoría, 2024

A partir de los análisis realizados se pudo establecer que, a partir de la consistencia de los materiales y de la expansión del ensayo CBR, el potencial expansivo en la mayoría de los suelos es bajo. Así mismo lo indica el estudio geotécnico realizado.

7. ESTUDIO DE FUENTES DE MATERIALES

Para seleccionar las posibles fuentes de materiales para las obras de infraestructura vial en el municipio de Montería, se adelantó un estudio de fuentes de materiales y un inventario de las canteras que actualmente se encuentran en actividad, clasificando el material por su tipo, volumen disponible y distancia de acarreos. Se mencionan las que ofrecen mejores prospectos ya sea por su situación ambiental, licencias vigentes o en trámite, o de aquellas que ya están en operación desde hace varios años, como las que se ubican al E – NE – SE de Montería.

7.1. Descripción de las fuentes de materiales

Como resultado de la investigación se presenta a continuación una lista de fuentes de materiales y su distancia aproximada al proyecto:

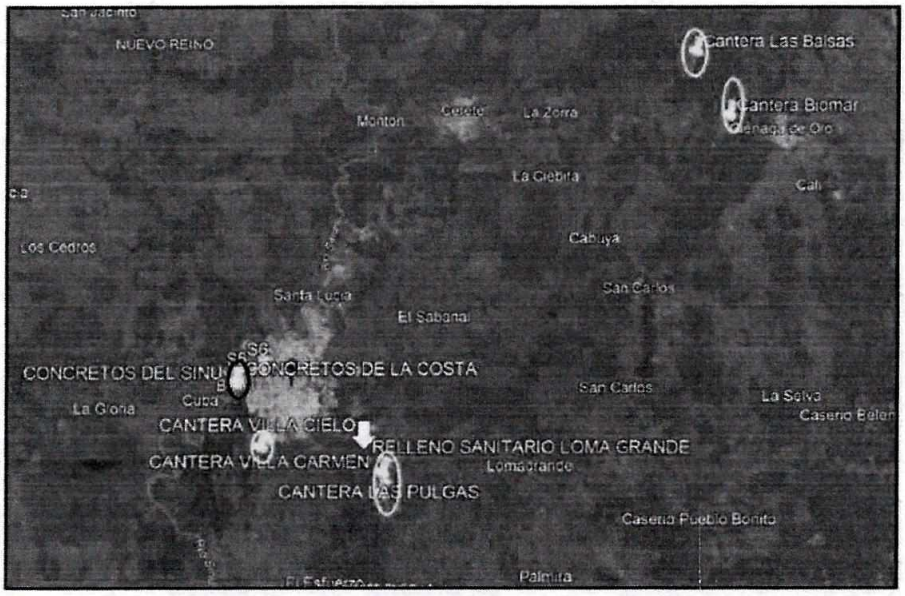
Tabla 32. Listado Fuentes de Materiales

Fuente de material	Distancia aprox. al proyecto
Cantera Bismark	36.8 km por la via Monteria – Cereté – Ciénaga de Oro.
Cantera Las Balsas	39.1 km por la via Monteria – Cereté – Ciénaga de Oro.
Cantera Villa Carmen	11.0 km por la via Monteria – Planeta Rica
Cantera Lomas Grande - Las Pulgas	12.5 km por la via Monteria – Planeta Rica.
Planta de Concretos Sinú	2.0 km desde el tercer puente sobre el Rio Sinú.
Planta de Concretos de la Costa	2.0 km desde el tercer puente sobre el Rio Sinú.
Acopio orillas del Rio Sinú Tercer Puente	

Fuente. Informe de Geología y Geomorfología

En la siguiente ilustración se presenta la localización de las fuentes de materiales:

Ilustración 12. Localización de fuentes de materiales y plantas de producción de concreto.

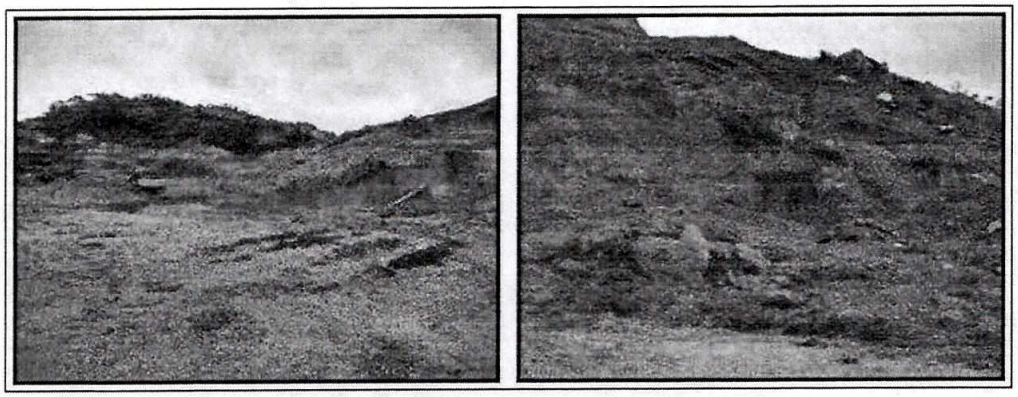


Fuente. Informe de Geología y Geomorfología

7.1.1. Canteras Bismark, Las Balsas.

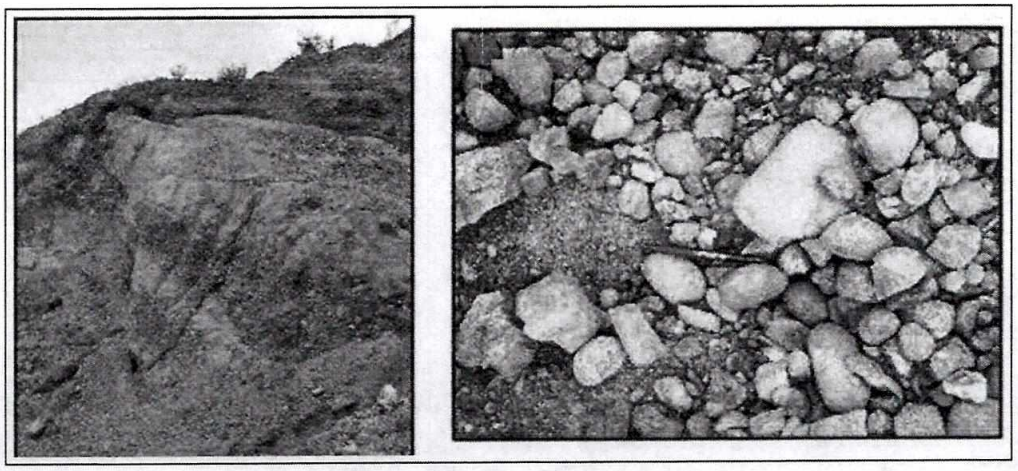
Muy cerca de Ciénaga de Oro existen tres canteras ubicadas a lo largo de un relieve longitudinal montañoso correspondiente a rocas sedimentarias de la Formación San Cayetano, Su característica fundamental, es que, esta unidad está conformada por estratos de espesor que varían entre 0.30 m y 1,50m de areniscas cuarzosas y conglomerados de gravas y bolos de andesitas y basaltos de origen volcánico, muy duros y de alta resistencia, sin embargo, existe la presencia de algunos bolos y gravas, altamente meteorizados y no representan al 5% del total, por su composición y litología son aptas para llenos , filtros y agregados para concretos, para éstos se recomienda una buena selección del material por lo de los bolos muy alterados. De estas canteras se ha extraído material para concretos y asfaltos según los encargados de la explotación de la cantera.

Ilustración 13. Cantera Las Balsas



Fuente. Informe de Geología y Geomorfología

Ilustración 14. Cantera Bismark

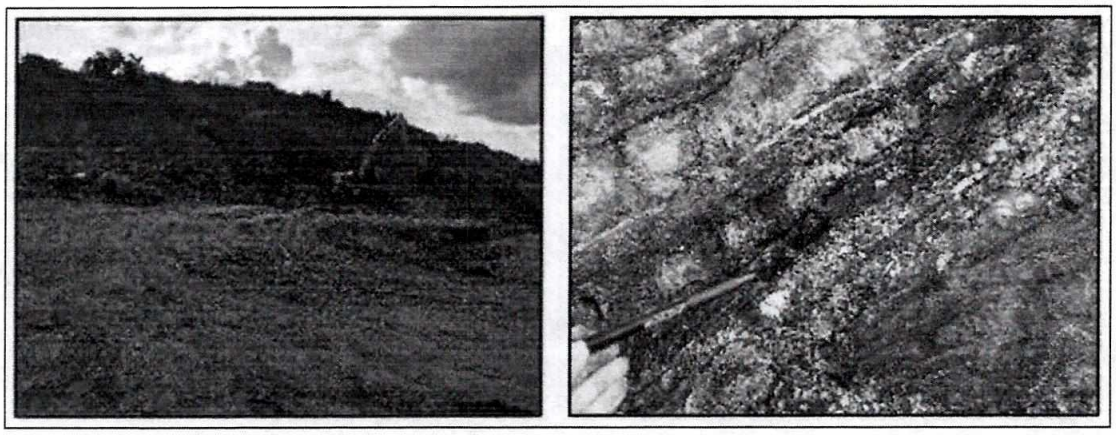


Fuente. Informe de Geología y Geomorfología

7.1.2. Canteras Loma Grande, Villa Carmen, Las Pulgas.

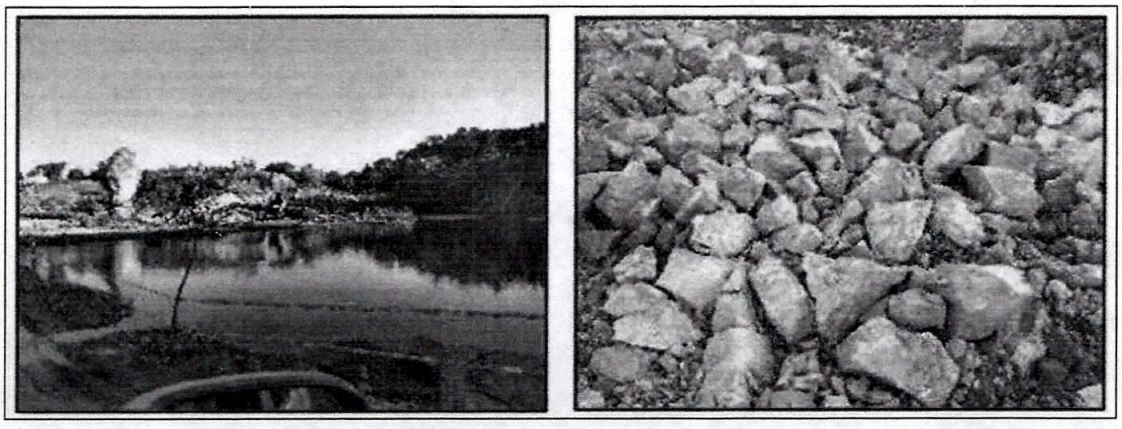
Localizada al sur oriente de Montería, a 8 km por la vía a Planeta Rica. La explotación en esta cantera pertenece a la misma Formación San Cayetano. El uso está dado principalmente para mejoramientos, con una buena selección de estos materiales y con mezclas del depósito del Rio Sinú en Montería sirven para afirmados, concretos y asfaltos.

Ilustración 15. Cantera Loma Grande – Las Pulgas.



Fuente. Informe de Geología y Geomorfología

Ilustración 16. Cantera Villa Carmen

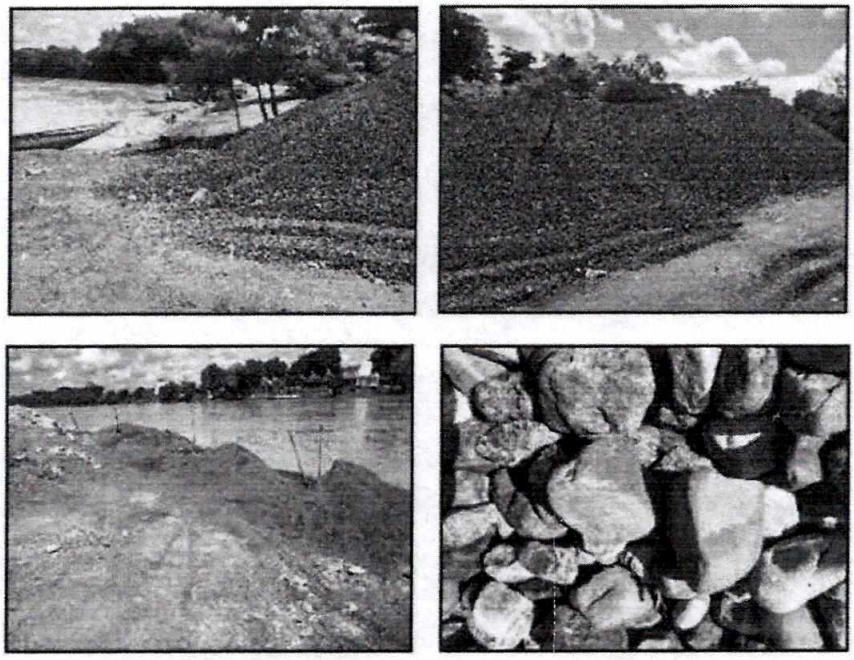


Fuente. Informe de Geología y Geomorfología

7.1.3. Acopio a orillas del Rio Sinú en Montería

A orillas del Rio Sinú en Montería, existe un acopio de materiales de arenas y gravas que transportan por vía fluvial, aproximadamente a 50 kms rio Arriba desde Montería. Estos materiales son gravas redondeadas constituidas por rocas volcánicas y rocas silíceas. Los usos son para concretos y asfaltos.

Ilustración 17. Acopio de materiales a orillas del Rio Sinú en Montería.

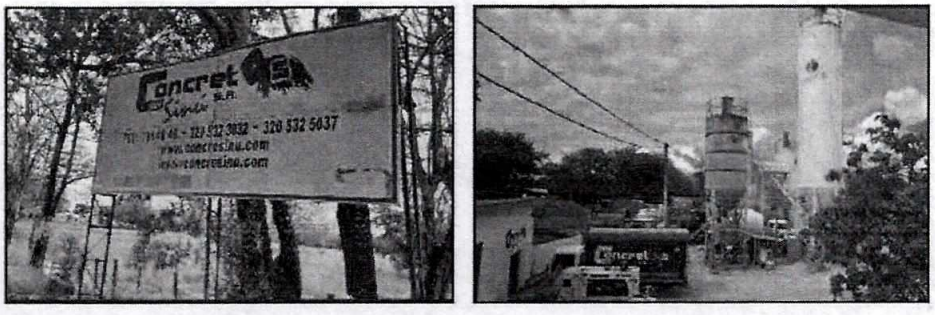


Fuente. Informe de Geología y Geomorfología

7.1.4. Planta de concreto en Montería.

Concretos del Sinú es una planta especializada en la elaboración, comercialización y suministro de concreto premezclado ubicada en el Km 2 de la vía Jaraquiel – Las Palomas – Montería; al sur de la Comuna 1.

Ilustración 18. Planta de Concretos del Sinú S.A.S.



Fuente. Informe de Geología y Geomorfología

Para la ejecución del contrato, el contratista puede seleccionar el uso de una fuente de material activa, que se encuentre en funcionamiento y que cumpla con las especificaciones técnicas, volúmenes necesarios y los permisos ambientales para la explotación de material, de acuerdo con la normatividad vigente.

8. DISEÑO DE PAVIMENTOS

En este numeral se muestra la metodología de diseño de pavimentos que se tuvo en cuenta para definir las propuestas de diseño de cada segmento vial. En este se muestran las consideraciones generales que se tuvieron para evaluar el mejoramiento de la subrasante, la caracterización de materiales y la metodología de diseño de pavimento rígido de la Portland Cement Association (PCA).

8.1. Mejoramiento de la subrasante con material seleccionado

Considerando que en un tramo vial el suelo de subrasante presenta un valor de resistencia CBR menor al 5 %, se debe colocar un material de mejoramiento. Por otra parte, de acuerdo con las condiciones de humedad de los suelos de subrasante y con el fin de garantizar una plataforma de trabajo estable previa a la instalación de las capas estructurales y evitar problemas durante la construcción, se recomienda colocar un material de mejoramiento en un espesor mínimo de 40 cm en todos los siguientes segmentos viales:

- Cra 44 entre las calles 25 y 30
- Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e
- Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14

Para los demás segmentos viales no se propone colocar material de mejoramiento, dado que los suelos existentes en dichos segmentos son suelos granulares con buenas características mecánicas que brindan un soporte adecuado a la estructura de pavimento, por lo que se aprovechará dichos materiales asumiendo para el diseño un valor de CBR de 10%, adoptando así un criterio conservador.

Para aumentar la resistencia de la subrasante se propone colocar un mejoramiento con material seleccionado de corona de terraplén considerando el valor mínimo de CBR para

dicho material (10%) en un espesor mínimo de 40 cm. El material seleccionado podrá ser reemplazado por Rajón más un sello de 10 cm de subbase granular clase C.

NOTA: Si durante el proceso de excavación o corte se evidencia suelos saturados altamente deformables, se recomienda realizar un reemplazo con el objeto de mitigar deformaciones en la capa de soporte, el cual, consiste en la colocación de piedra gruesa (rajón) de mejoramiento en un espesor no inferior a 0,50 m.

Metodología de IVANOV

El módulo equivalente de la interacción subrasante - mejoramiento ha sido estimado con base en la siguiente expresión, desarrollada por Ivanov para estructuras multicapa:

$$E_{eq} = \frac{E_{SBR}}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right)\tan^{-1}\left(n\frac{h_{MEJ}}{2a}\right)}$$

En dónde:

Eeq: módulo elástico equivalente del sistema
E_{SBR}: módulo elástico de la subrasante
E_{MEJ}: módulo elástico del material de mejoramiento
h_{MEJ}: espesor del mejoramiento, cm a: radio del área de carga, cm
n: parámetro adimensional determinado con la expresión $n = \sqrt{E_{MEJ}/E_{SBR}}$

Se presenta a continuación los valores de CBR de la subrasante mejorada para los tramos viales analizados en el presente documento:

Tabla 33. Espesores de material de mejoramiento

Calculo del Mejoramiento de la Subrasante - Ivanov							
Segmento vial	Subrasante		Mejoramiento			Fundación Equivalente	
	CBR (%)	Mr (MPa)	CBR (%)	E (MPa)	h (cm)	E_{eq} (MPa)	CBR_{eq} (%)
Cra 44 entre las calles 25 y 30	2.0	27.4	10	76.8	40	59.2	6.7
Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e	11.3	83.1	10	76.8	40	77.9	10.2
Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14	8.0	66.6	10	76.8	40	74.8	9.6

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 34. Capacidad de soporte de la subrasante mejorada

SEGMENTO VIAL	CBR srt mejorada [%]
Cra 44 entre las calles 25 y 30	6.7
Calle 25 entre las cras 41 y 44	10.0
Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25	10.0
Calle 24 entre las cras 42a y 42b	10.0
Calle 4a entre las cras 25c y 28	10.0
Cra 25c entre las diagonales 10 y 11	10.0
Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c	10.0
Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14	10.0
Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e	10.2
Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14	9.6

Fuente. Esta consultoría, 2024

8.2. Diseño de Pavimento Rígido – Método PCA 1984

8.2.1. Determinación del Módulo de Reacción de la Subrasante

La resistencia de la subrasante para el diseño de los pavimentos rígidos según el método PCA, se evalúa por medio del módulo de reacción (K).

El módulo de reacción de la subrasante se determinará a partir de las siguientes ecuaciones:

- ✓ $Para\ CBR \leq 10\% \quad \rightarrow \quad K = 0.25 + 5.15 * Log(CBR)\ ;\ \ K\ en\ kg/cm^3$
- ✓ $Para\ CBR > 10\% \quad \rightarrow \quad K = 4.51 + 0.89 * Log(CBR)^{4.34}\ ;\ \ K\ en\ kg/cm^3$

8.2.2. Determinación del Módulo de Reacción Combinado

La resistencia del conjunto subrasante – subbase granular es función de la resistencia de la subrasante, tipo de subbase y espesor de la subbase.

Se determinó el módulo de reacción combinado del conjunto subrasante – subbase granular a partir de la siguiente tabla, considerando un espesor de subbase de 20 cm.

Tabla 35. Determinación del módulo de reacción combinado subrasante – subbase granular.

Módulo k Subrasante		Módulo K de Subbase / Subrasante							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
MPa/m	pci	MPa/m	pci	MPa/m	pci	MPa/m	pci	MPa/m	pci
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Fuente. PCA, 1984

8.2.3. Factor de Seguridad de Carga

Se escogió el factor de seguridad de carga teniendo en cuenta el tipo de vía y condiciones de tránsito.

Tabla 36. Factor de seguridad de carga

Tipo de vía y condiciones de tránsito	Factor de seguridad de carga
Vías de tránsito pesado (Autopistas de varios carriles)	1.2
Carreteras y arterias urbanas con tránsito medio	1.1
Carreteras secundarias, calles residenciales y otras vías con tránsito liviano	1.0

8.2.4. Periodo de diseño

Teniendo en cuenta las recomendaciones del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS, se considera un periodo de diseño de 20 años.

8.2.5. Espectros de Carga

Se consideraron para el diseño los espectros de carga establecidos en el Numeral 5.6 del presente documento.

8.2.6. Transferencia de Carga

Se emplearán dovelas para la transferencia de carga entre losas.

8.2.7. Efecto Berma

No se considera efecto de berma para la modelación del pavimento rígido.

8.2.8. Materiales

8.2.8.1. Concreto Hidráulico

Se empleará un concreto hidráulico con Módulo de Rotura MR 4.0 MPa a 28 días como mínimo, y dicho material deberá cumplir con los requerimientos del Artículo 500 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

El método de la PCA considera el módulo de elasticidad (Ec) y la relación de Poisson del concreto (μ) como constantes.

$$Ec = 28000\ Mpa = 280000\ Kg/cm2 = 3982535\ lb/pulg\ 2$$

$$\mu = 0.\ 15$$

Además, el método de la PCA considera un coeficiente de variación en la resistencia del concreto (CV) igual a 15 %.

8.2.8.2. Material de Subbase Granular

Se consideró para el diseño una Subbase Granular Clase A para todos los segmentos viales, dicho material deberá cumplir con lo establecido en el Artículo 320 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

8.2.8.3. Material de Mejoramiento de Subrasante

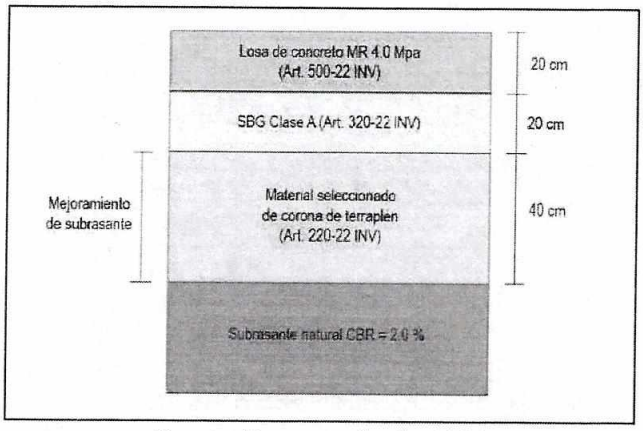
Se empleará material seleccionado de corona de terraplén para mejoramiento de la subrasante, dicho material deberá cumplir con los requerimientos del Artículo 220 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS y deberá tener un CBR de mínimo 10%. En caso de emplear Rajón, se deberá garantizar el mismo valor de CBR y se deberá adicionar 10 cm de material de sello con subbase granular clase C.

9. PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN

A continuación, esta consultoría presenta las propuestas de intervención para cada segmento vial, junto con los resultados del diseño de pavimentos para cada una de ellas, empleando la metodología de la PCA.

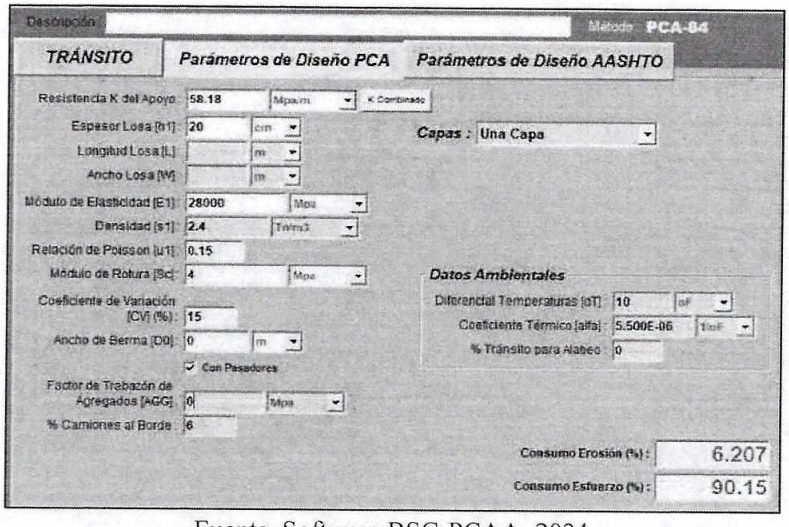
9.1. Cra 44 entre las calles 25 y 30

Ilustración 19. Estructura de pavimento propuesta



Fuente. Esta consultoría, 2024

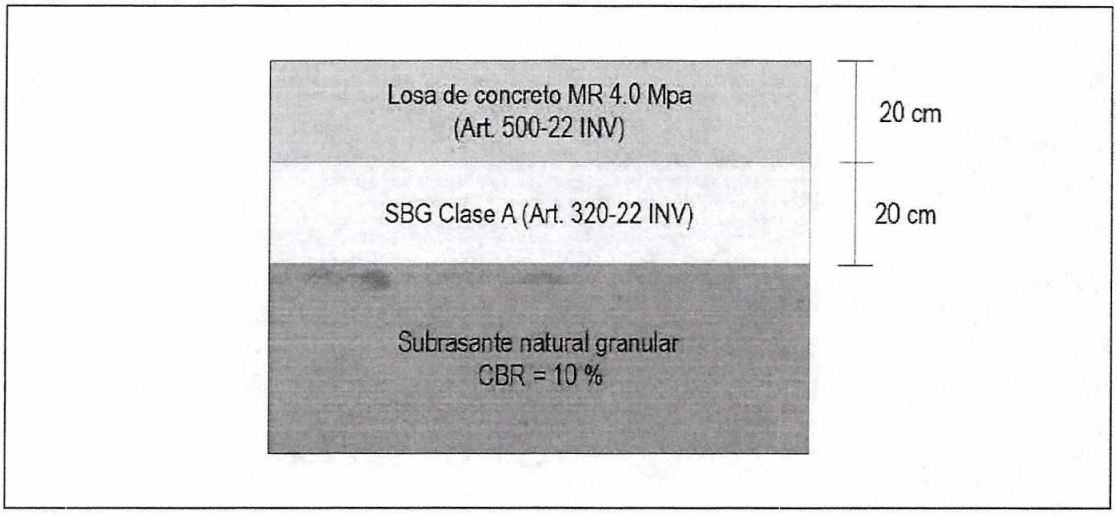
Ilustración 20. Resumen Diseño PCA



Fuente. Software BSC-PCAA, 2024

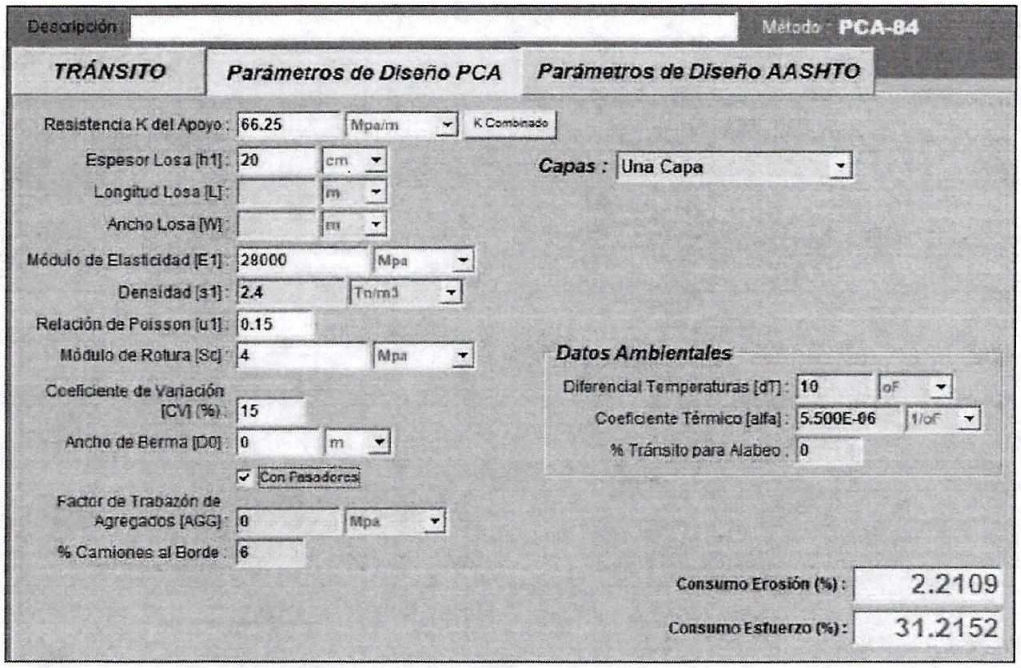
9.2. Calle 25 entre las cras 41 y 44

Ilustración 21. Estructura de pavimento propuesta



Fuente. Esta consultoría, 2024

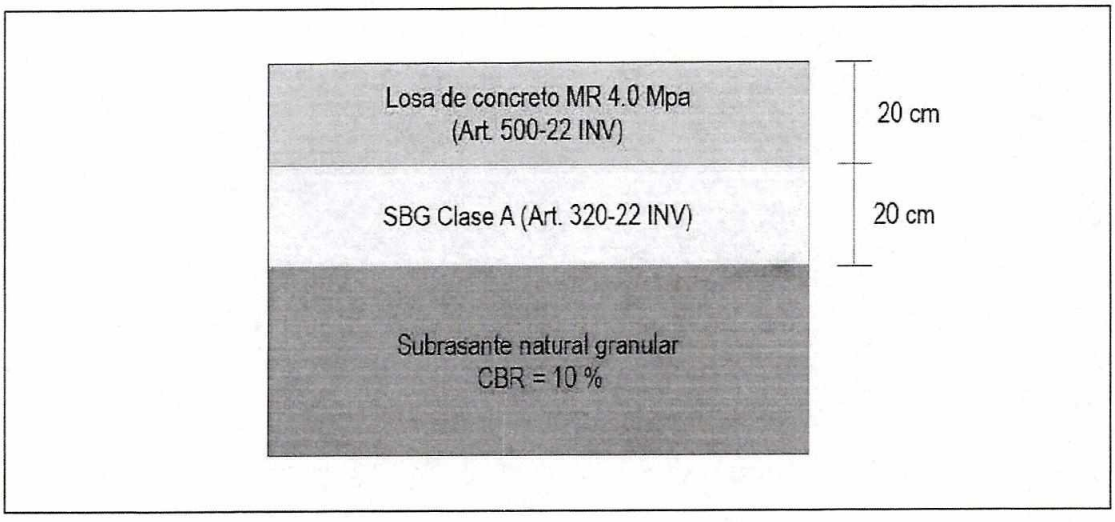
Ilustración 22. Resumen Diseño PCA



Fuente. Software BSC-PCAA, 2024

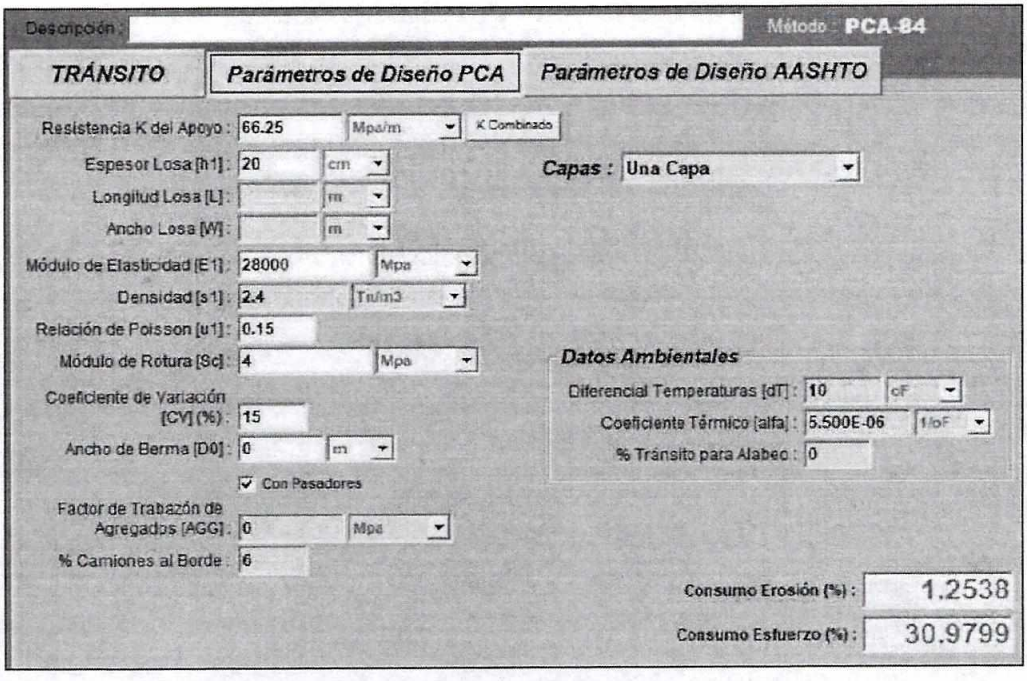
9.3. Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25

Ilustración 23. Estructura de pavimento propuesta



Fuente. Esta consultoría, 2024

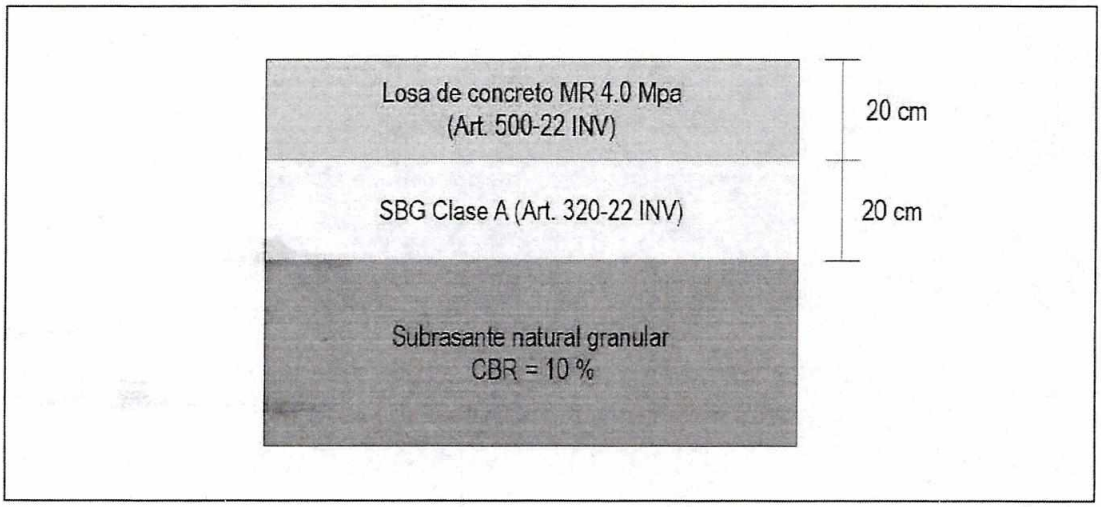
Ilustración 24. Resumen Diseño PCA



Fuente. Software BSC-PCAA, 2024

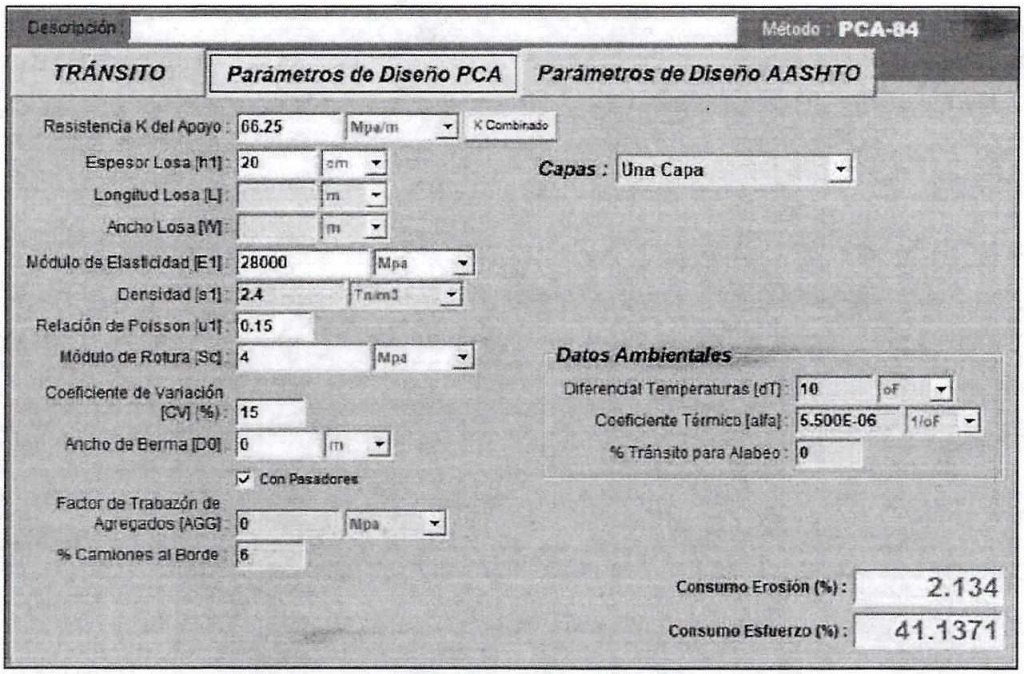
9.4. Calle 24 entre las cras 42a y 42b

Ilustración 25. Estructura de pavimento propuesta



Fuente. Esta consultoría, 2024

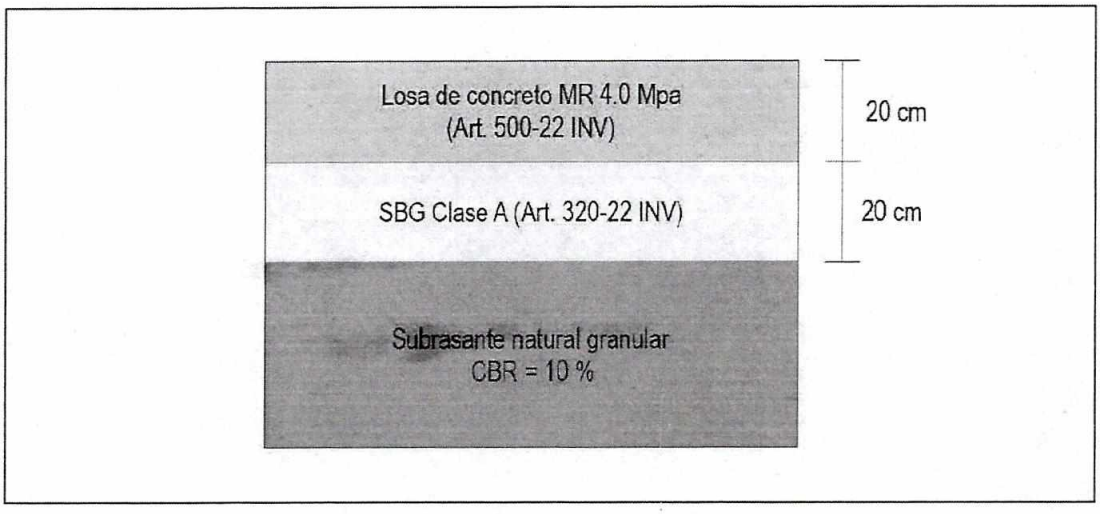
Ilustración 26. Resumen Diseño PCA



Fuente. Software BSC-PCAA, 2024

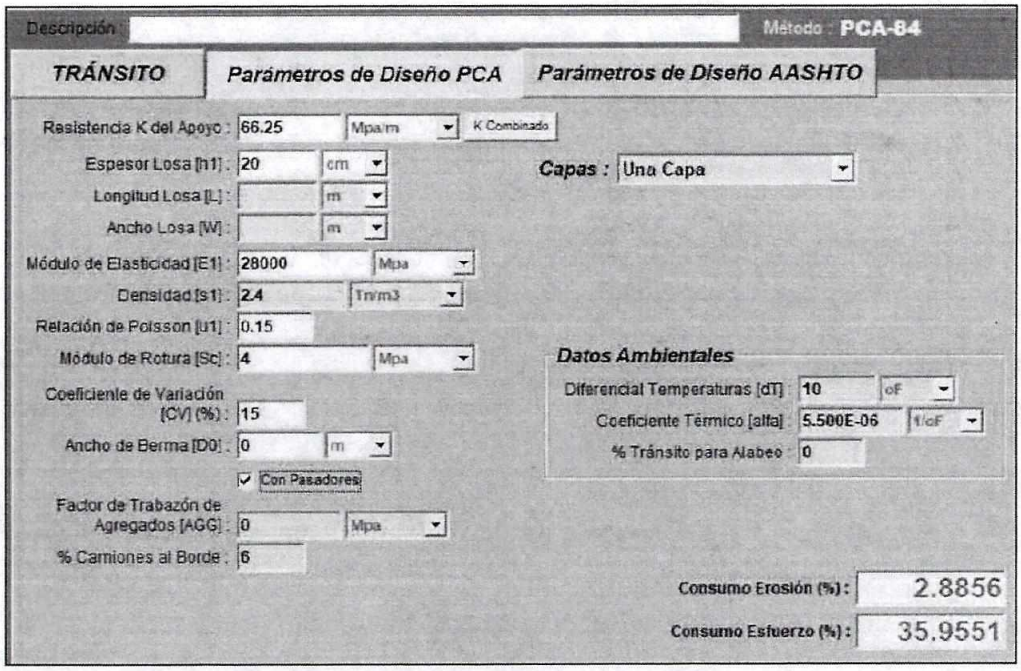
9.5. Calle 4a entre las cras 25c y 28

Ilustración 27. Estructura de pavimento propuesta



Fuente. Esta consultoría, 2024

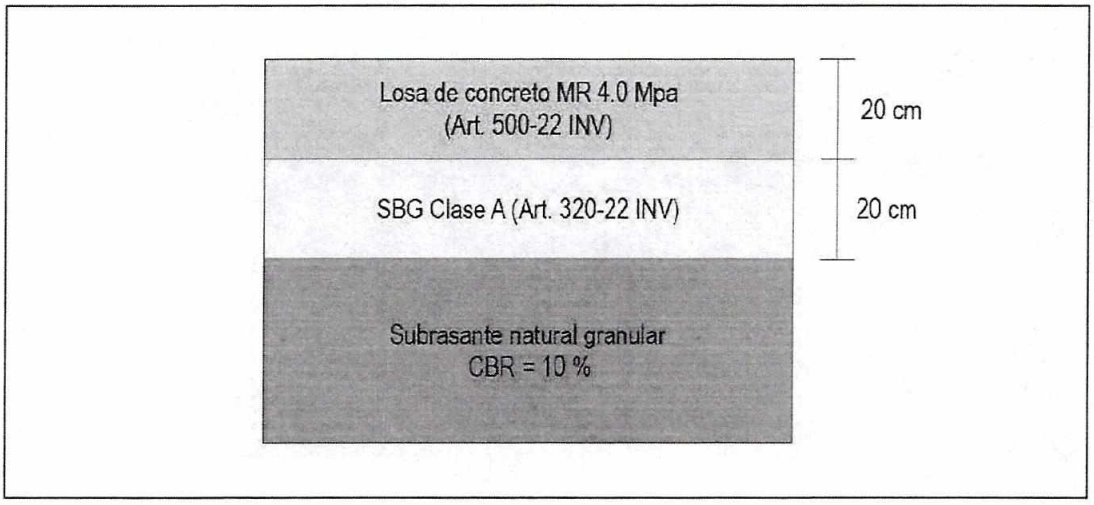
Ilustración 28. Resumen Diseño PCA



Fuente. Software BSC-PCAA, 2024

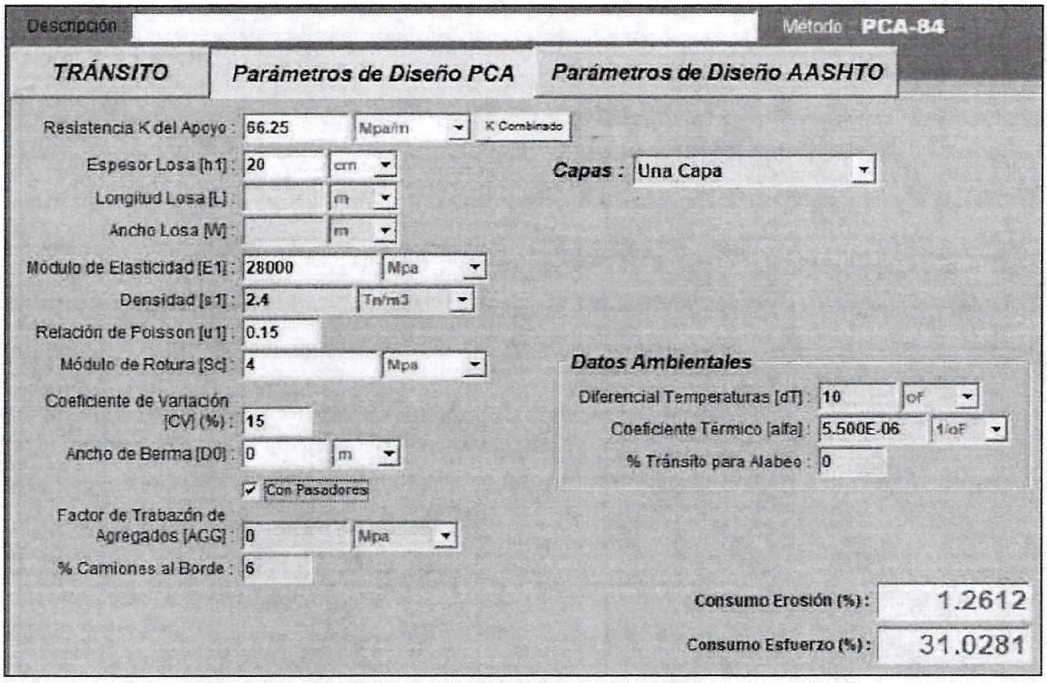
9.6. Cra 25c entre las diagonales 10 y 11

Ilustración 29. Estructura de pavimento propuesta



Fuente. Esta consultoría, 2024

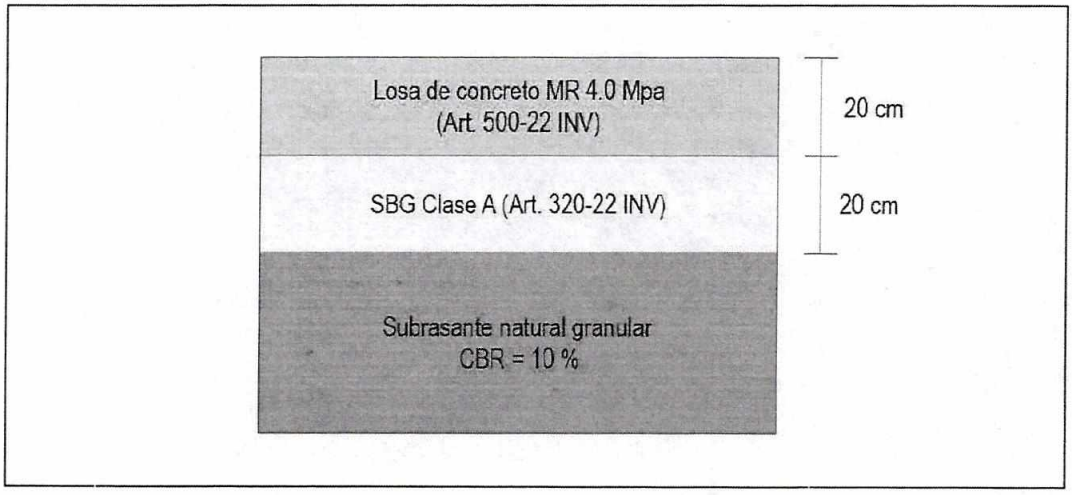
Ilustración 30. Resumen Diseño PCA



Fuente. Software BSC-PCAA, 2024

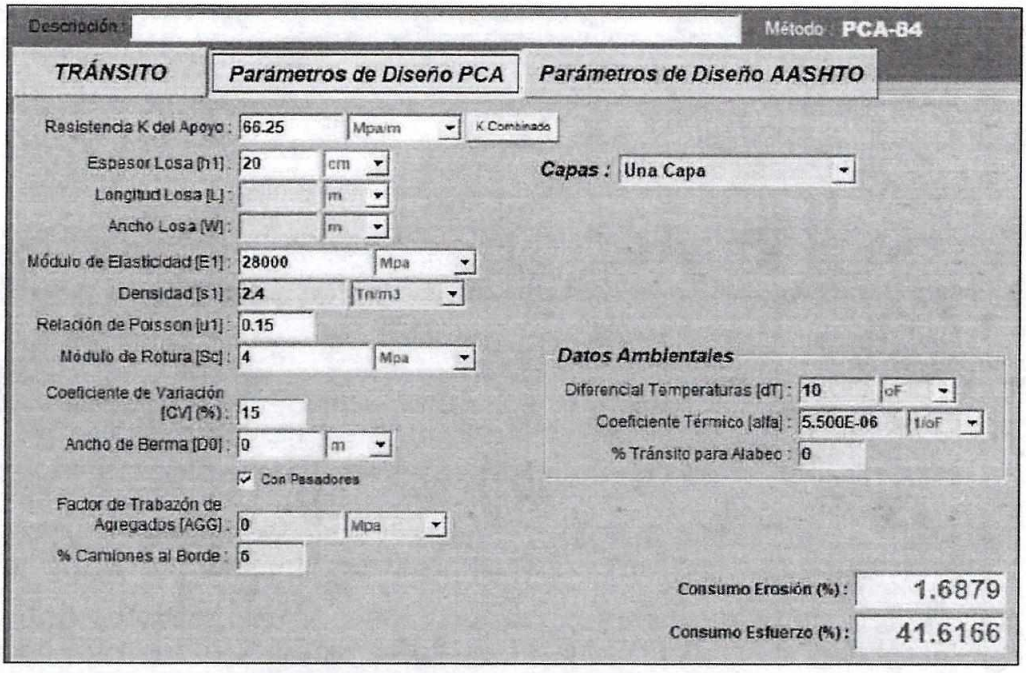
9.7. Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c

Ilustración 31. Estructura de pavimento propuesta



Fuente. Esta consultoría, 2024

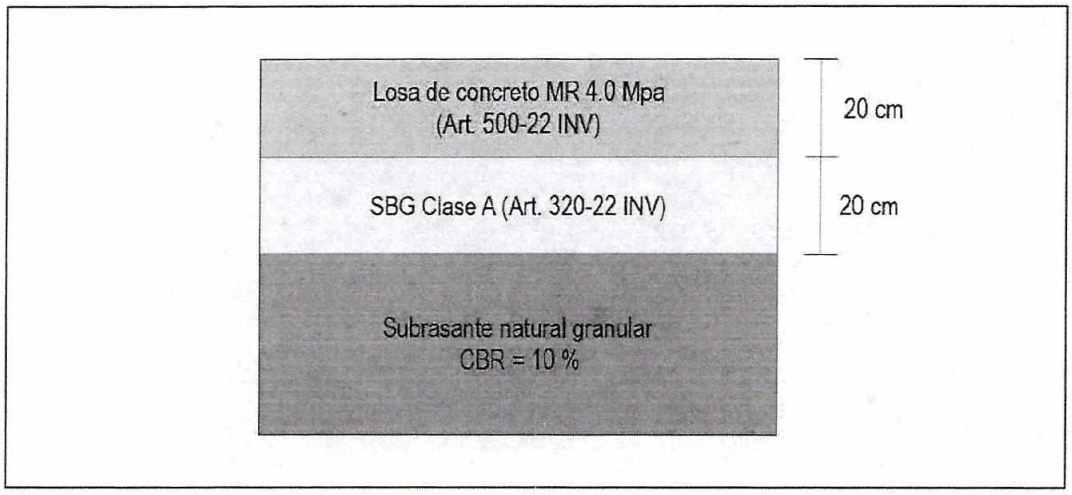
Ilustración 32. Resumen Diseño PCA



Fuente. Software BSC-PCAA, 2024

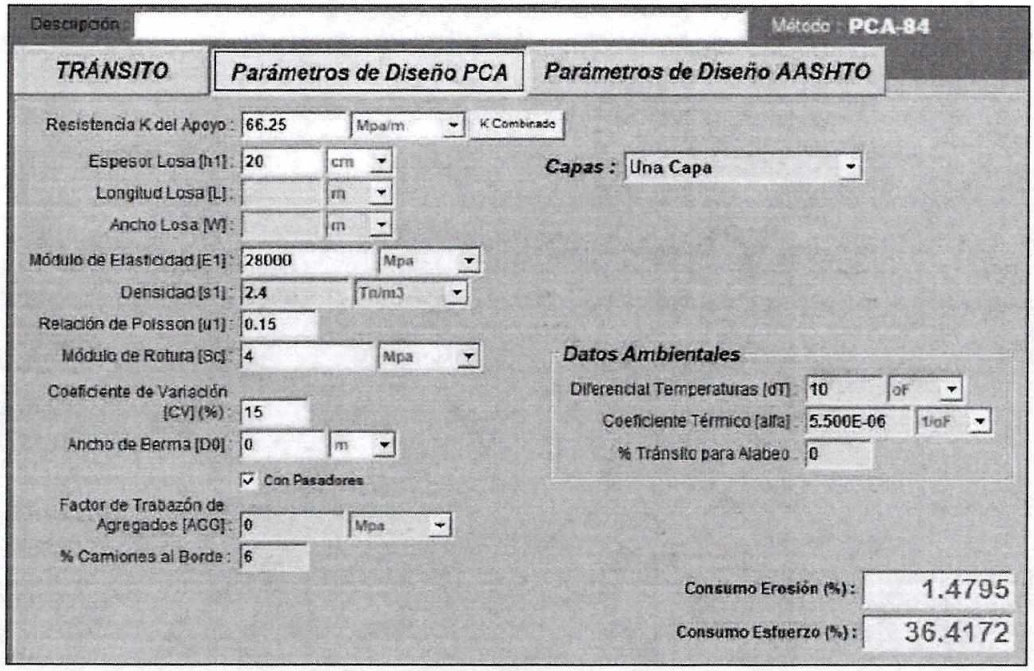
9.8. Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14

Ilustración 33. Estructura de pavimento propuesta



Fuente. Esta consultoría, 2024

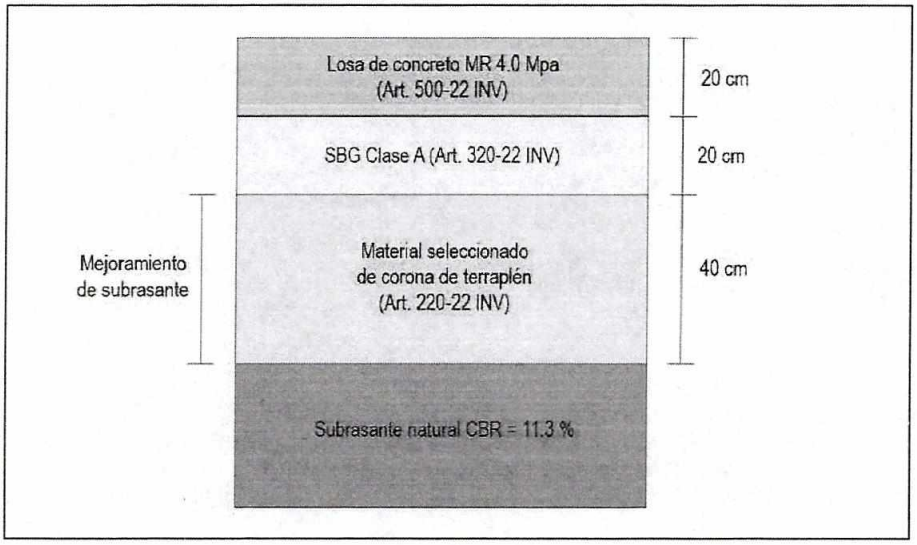
Ilustración 34. Resumen Diseño PCA



Fuente. Software BSC-PCAA, 2024

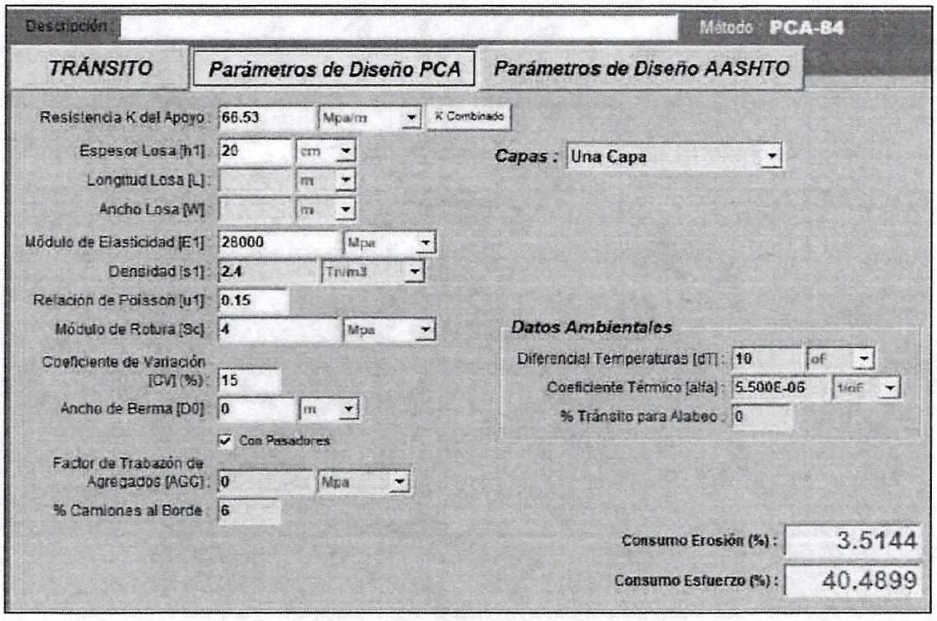
9.9. Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e

Ilustración 35. Estructura de pavimento propuesta



Fuente. Esta consultoría, 2024

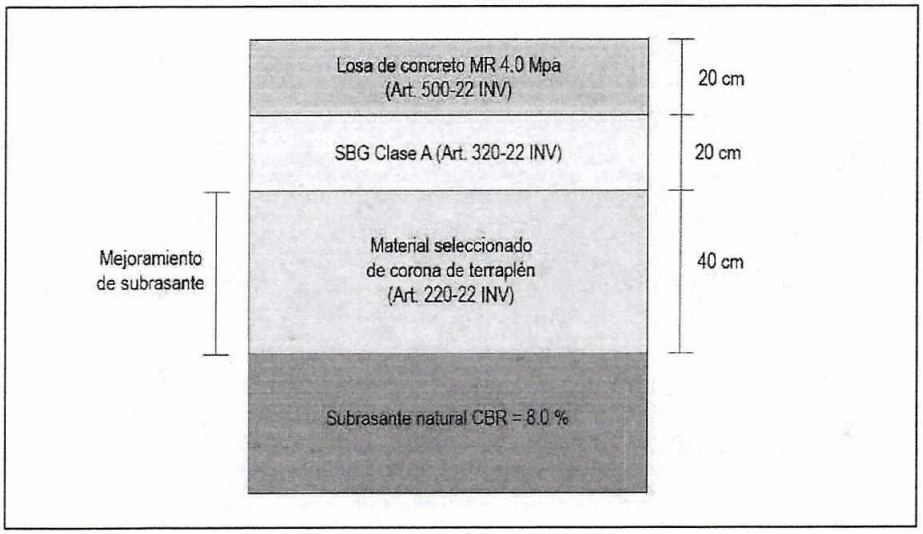
Ilustración 36. Resumen Diseño PCA



Fuente. Software BSC-PCAA, 2024

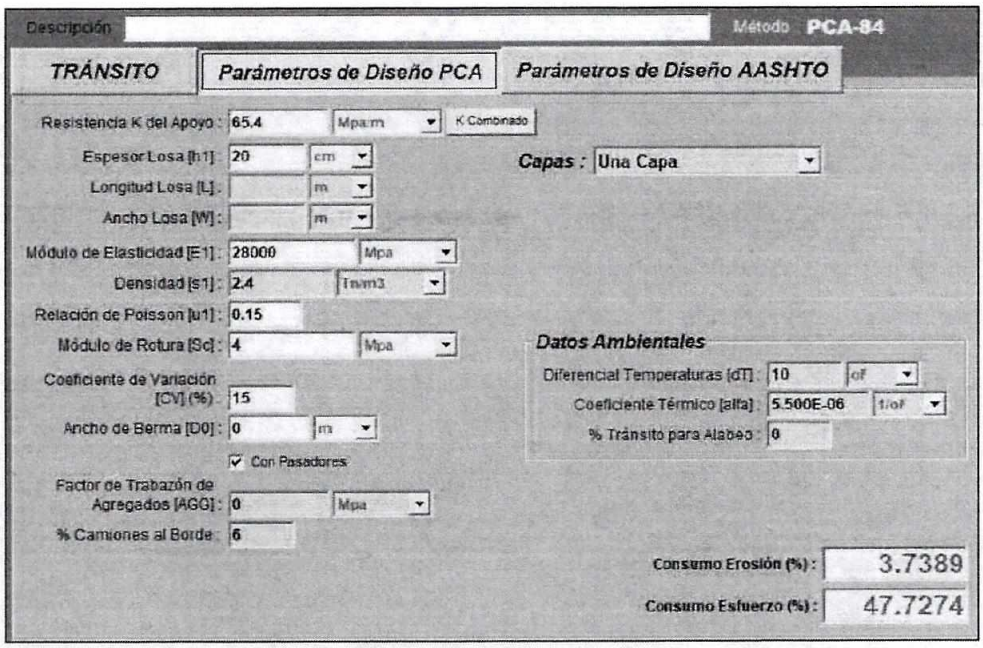
9.10. Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14

Ilustración 37. Estructura de pavimento propuesta



Fuente. Esta consultoría, 2024

Ilustración 38. Resumen Diseño PCA



Fuente. Software BSC-PCAA, 2024

9.14. Resumen Estructuras de pavimento

A continuación, se presenta el resumen de las estructuras de pavimento propuestas para los segmentos viales objeto del presente análisis, en dichas tablas se puede apreciar los espesores de los materiales que se seleccionaron para el diseño, además de los resultados de consumo por esfuerzo/fatiga y por erosión.

Tabla 37. Resumen estructuras de pavimento propuestas

SEGMENTO VIAL	N 8.2 ton (20 años)	CBR diseño [%]	Material seleccionado de corona de terraplen [cm]	SBG Clase A [cm]	Losa de concreto MR 4.0 Mpa [cm]	Consumo Esfuerzo/Fatiga [%]	Consumo Erosión [%]
			Art. 220-22 INV	Art. 320-22 INV	Art. 500-22 INV		
Cra 44 entre las calles 25 y 30	960,890	2.0	40	20	20	90.2	6.2
Calle 25 entre las cras 41 y 44	356,183	10.0	-	20	20	31.2	2.2
Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25	210,115	10.0	-	20	20	31.0	1.3
Calle 24 entre las cras 42a y 42b	347,159	10.0	-	20	20	41.1	2.1
Calle 4a entre las cras 25c y 28	535,600	10.0	-	20	20	36.0	2.9
Cra 25c entre las diagonales 10 y 11	225,769	10.0	-	20	20	31.0	1.3
Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c	292,548	10.0	-	20	20	41.6	1.7
Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14	262,933	10.0	-	20	20	36.4	1.5
Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e	551,361	11.3	40	20	20	40.5	3.5
Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14	590,882	8.0	40	20	20	47.7	3.7

Fuente. Esta consultoría, 2024.

10. DISEÑO DE JUNTAS

10.1. Juntas Longitudinales

Se recomienda emplear barras de acero corrugado de fluencia mínima 4200 kg/cm2, con las siguientes características:

Tabla 38. Característica de acero de juntas longitudinales

Espesor losa [cm]	Diámetro barra [in]	Longitud [cm]	Separación entre centros [cm]
20	1/2	90	Ver esquemas

Fuente. Esta consultoría, 2024

10.2. Juntas Transversales

Se recomienda emplear barras de acero liso de fluencia mínima 4200 kg/cm2 y engrasadas en toda su longitud, con las siguientes características:

Tabla 39. Característica de acero de juntas transversales

Espesor losa [cm]	Diámetro del pasador [in]	Longitud [cm]	Separación entre centros [cm]
20	1.0	40	Ver esquemas

Fuente. Esta consultoría, 2024

A continuación, en las siguientes figuras, se presentan los detalles típicos de la construcción de juntas.

Ilustración 39. Detalle Construcción de Juntas

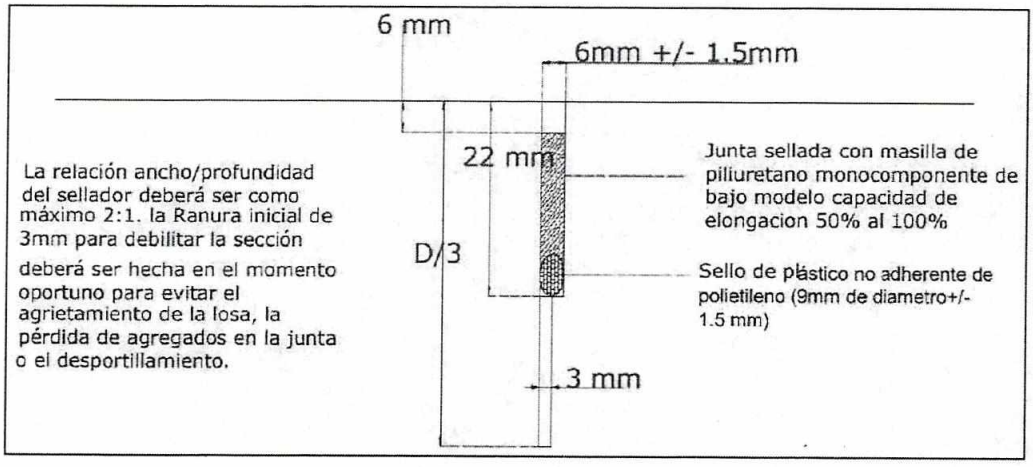
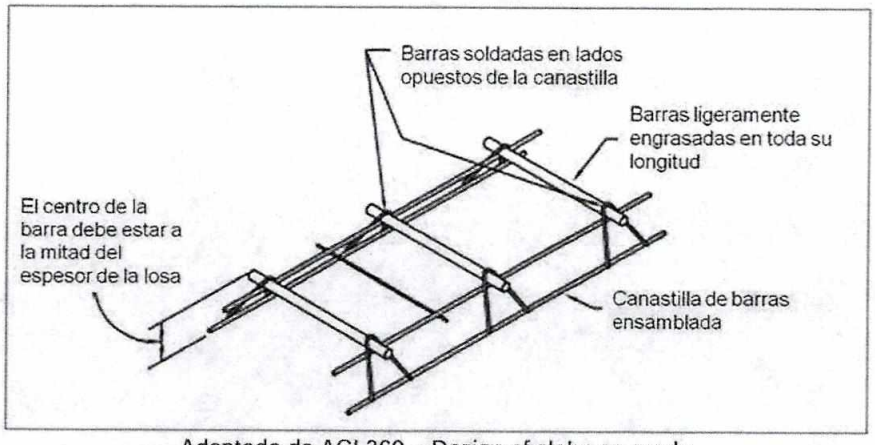
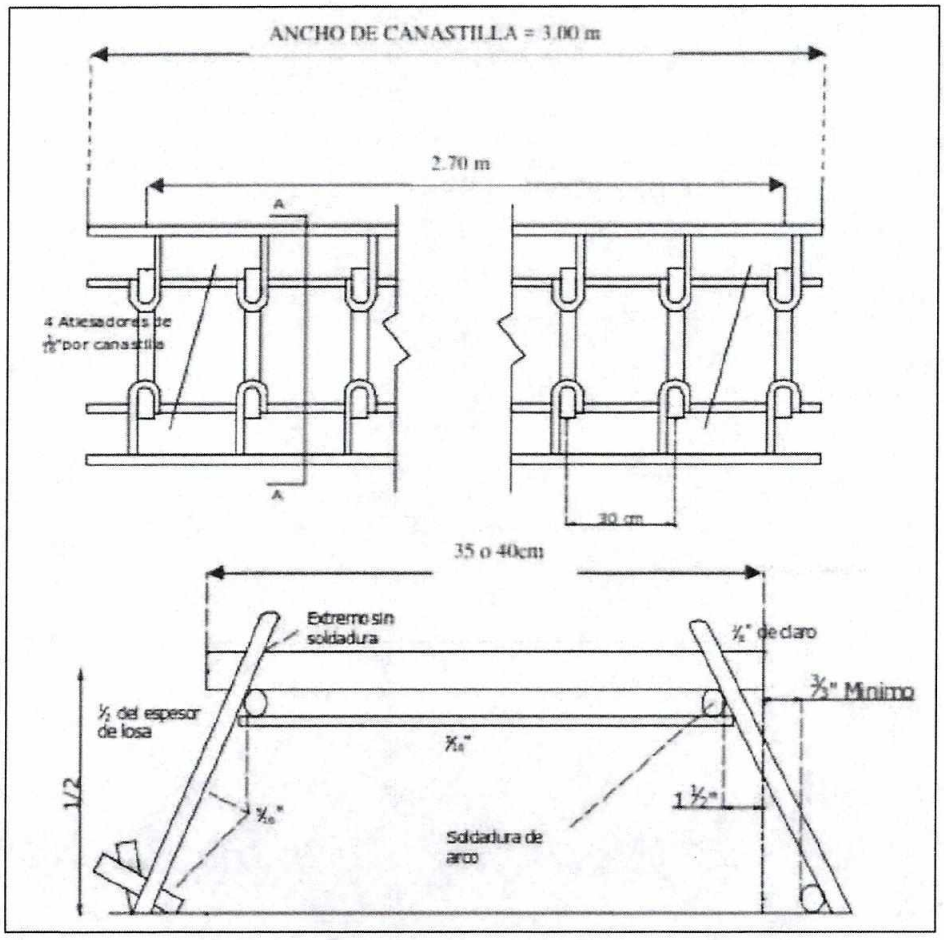


Ilustración 40. Esquema de colocación de canastillas de barras pasajuntas



Adaptado de ACI 360 – Design of slabs on grade

Ilustración 41. Detalle Canasta Pasadores de Carga



10.3. Espaciamiento de Juntas

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impiden un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios:

707

- Para evitar el agrietamiento del concreto durante el fraguado

  Para evitar dicho agrietamiento se debe controlar el esfuerzo por cambio uniforme de temperatura.

  La longitud que debe tener la losa para evitar agrietamientos durante el fraguado se determina de la siguiente manera:

$$L\ máx = \frac{2 * \sigma o}{\gamma * fa}$$

  Donde:

  L: Longitud máxima de la losa (m)
  σo: Esfuerzo de tracción ≈ 8 ton/m²
  Fa: Factor de fricción
  γ: Peso unitario del concreto (ton/m^3)

- Separación de juntas transversales en función del espesor de la losa:

$$S\ máx = 20H$$

  En donde:

  S máx: Separación máxima de la junta
  H: Espesor del concreto hidráulico

- La relación largo / ancho no debe exceder 1,20

- En función del radio relativo de rigidez (relación de la rigidez de la losa y la rigidez del suelo de soporte), la longitud máxima de la losa debe ser 5 veces este valor;

mediante este cálculo se está considerando el esfuerzo de alabeo de la losa y el gradiente térmico existente entre la fibra superior e inferior de la losa.

$$l = \sqrt[4]{\frac{EH^3}{12(1-u^2)K}}$$

Donde:

E: Módulo de Elasticidad del concreto (psi)

H: Espesor de la losa (pulg)

μ: Relación de poisson del concreto

K: Módulo de reacción del terreno de soporte (psi/in)

Se determinará la longitud máxima de las losas en función de los criterios dados anteriormente.

Tabla 40. Longitud de las losas

SEGMENTO VIAL	Ancho de vía [m]	Ancho de carril [m]	LONGITUD MÁXIMA DE LOSA [m]				LONGITUD DEFINIDA SEGÚN CRITERIOS [m]
			1er criterio	2do criterio	3er criterio	4to criterio	
Cra 44 entre las calles 25 y 30	5.0	2.50	4.4	4.0	3.1	3.8	3.1
Calle 25 entre las cras 41 y 44	6.0	3.00	4.4	4.0	3.8	3.7	3.7
Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25	6.0	3.00	4.4	4.0	3.8	3.7	3.7
Calle 24 entre las cras 42a y 42b	6.0	3.00	4.4	4.0	3.8	3.7	3.7
Calle 4a entre las cras 25c y 28	4.5	2.25	4.4	4.0	2.8	3.7	2.8
Cra 25c entre las diagonales 10 y 11	6.0	3.00	4.4	4.0	3.8	3.7	3.7
Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c	6.0	3.00	4.4	4.0	3.8	3.7	3.7
Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14	6.0	3.00	4.4	4.0	3.8	3.7	3.7
Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e	6.0	3.00	4.4	4.0	3.8	3.7	3.7
Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14	7.0	3.50	4.4	4.0	4.4	3.7	3.7

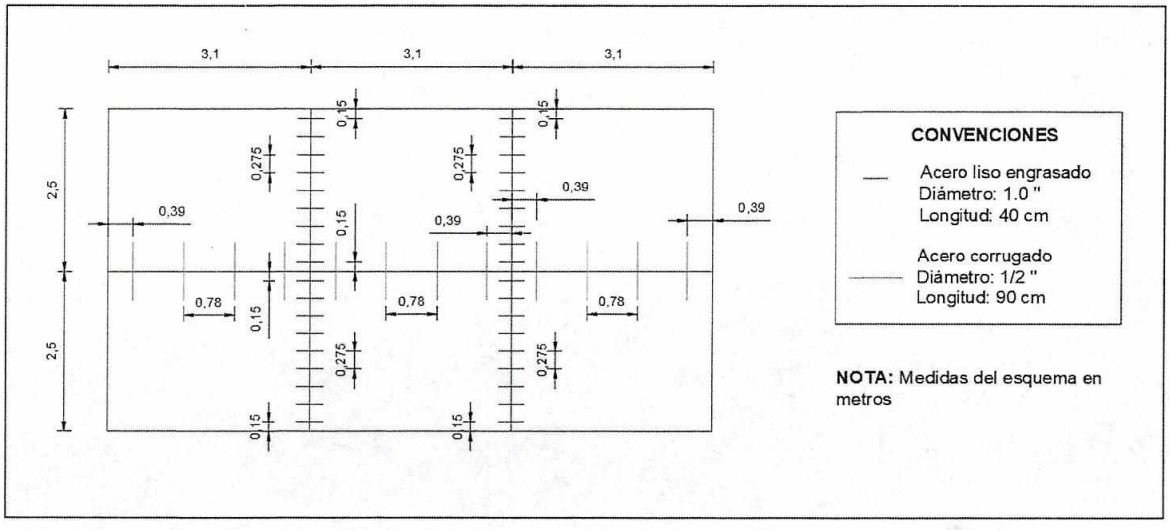
Fuente. Esta consultoría, 2024

10.4. Esquemas de la modulación de losas

Se presenta a continuación la modulación de las losas y la distribución de aceros en las juntas longitudinales y transversales.

- **Cra 44 entre las calles 25 y 30**

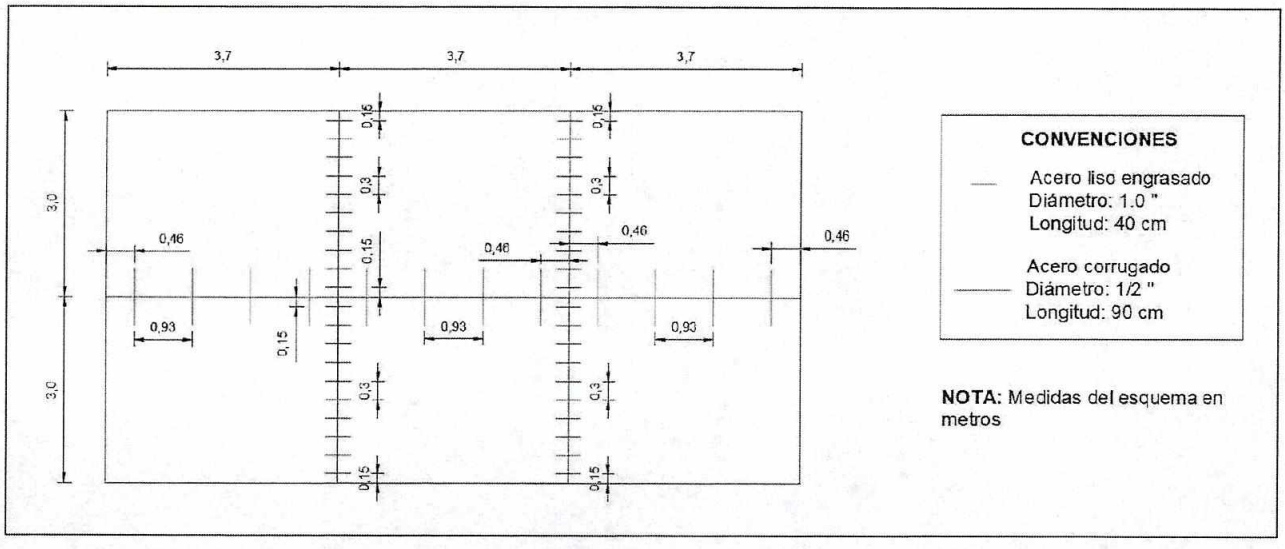
Ilustración 42. Modulación de losas



Fuente. Esta consultoría, 2024

- **Calle 25 entre las cras 41 y 44**
- **Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25**
- **Calle 24 entre las cras 42a y 42b**
- **Cra 25c entre las diagonales 10 y 11**
- **Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c**
- **Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14**
- **Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e**

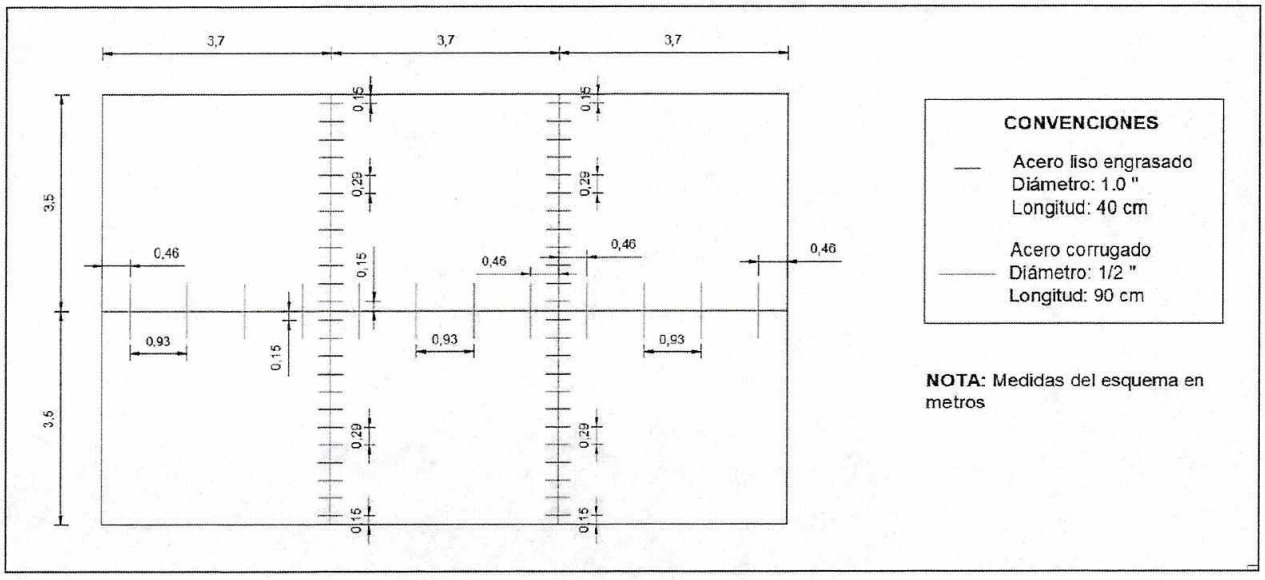
Ilustración 43. Modulación de losas



Fuente. Esta consultoría, 2024

- **Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14**

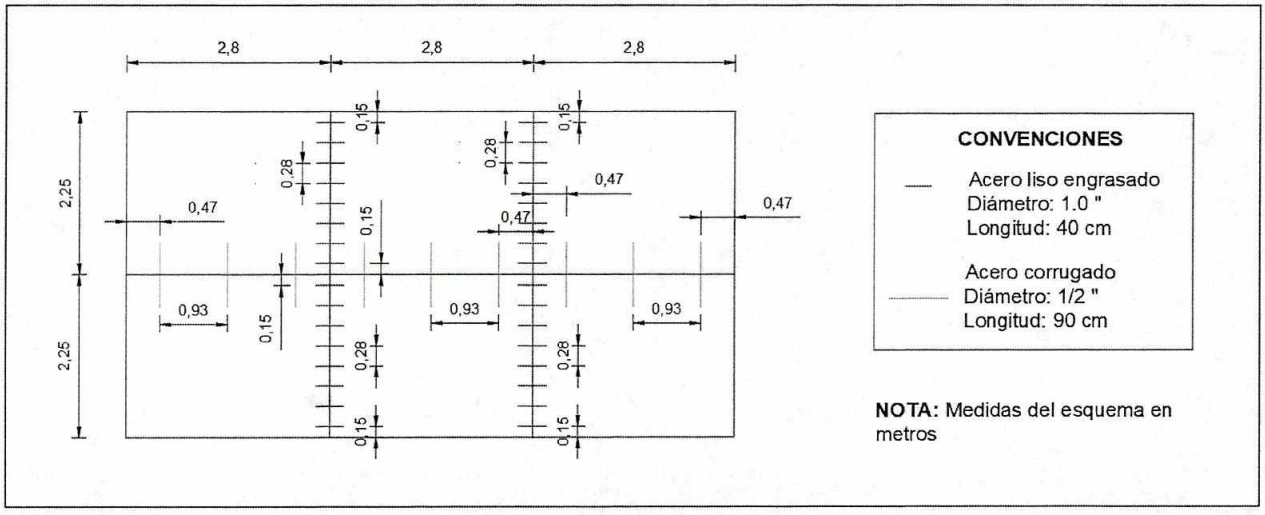
Ilustración 44. Modulación de losas



Fuente. Esta consultoría, 2024

- **Calle 4a entre las cras 25c y 28**

Ilustración 45. Modulación de losas



Fuente. Esta consultoría, 2024

11. RECOMENDACIONES TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

- Se recomienda reforzar las losas irregulares y losas que contengan estructuras hidráulicas, con acero de refuerzo corrugado de φ½" cada 20cm en ambas direcciones, ubicadas a 1/3 del espesor en la fibra superior e inferior, como medida de control de autofisuración del concreto.

- En los pozos de inspección, 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 por retracción del concreto. Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos coincide con la junta transversal y la junta longitudinal se construye como se describe:

Ilustración 46. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados

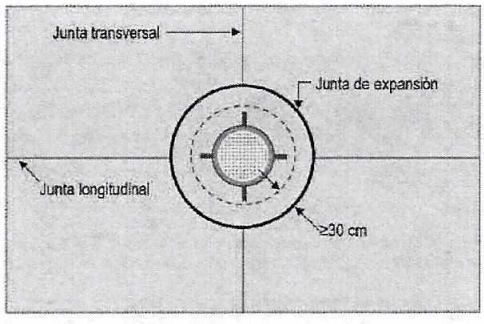
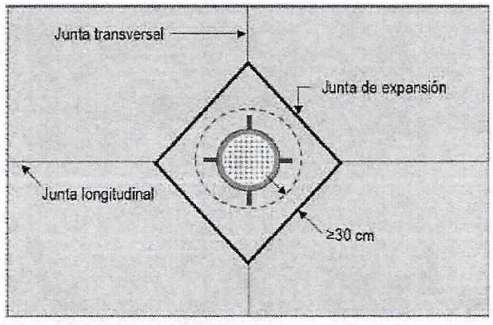
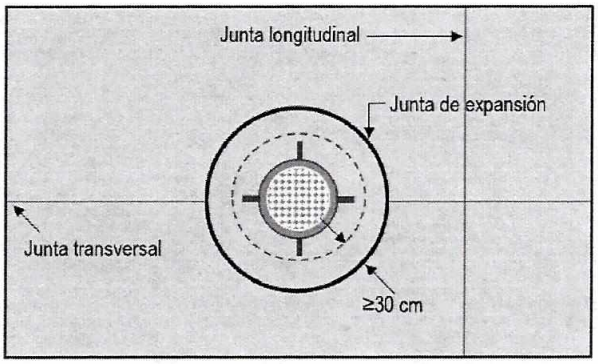


Ilustración 47. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados (Segunda alternativa).



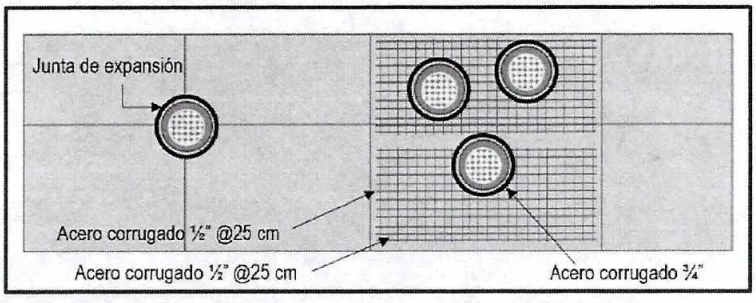
Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos no coincide con la junta longitudinal, se debe ajustar la modulación para que la junta transversal coincida con el eje del pozo:

Ilustración 48. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de inspección no centrados.



Para el caso en que el pozo de inspección coincida con la junta Longitudinal, se ajusta la modulación, con el fin que la junta transversal coincida con el pozo. Así mismo cuando se tienen varios pozos de inspección, se debe remodular con el objeto de que estos coincidan dentro de la misma losa, la cual debe de ser reforzada mediante una parrilla.

Ilustración 49. Esquema de refuerzos para losa con dos o más pozos de inspección



- El proceso constructivo de las juntas transversales reviste enorme cuidado. En primera instancia debe realizarse un primer corte dentro del tiempo oportuno llamado

"ventana de corte", de tal manera de realizarlo en el momento justo de forma que ni se haga antes, que el concreto no soporte el peso de los equipos y se deforme, ni después que genere fisuración por retracción del concreto. Esta ventana de corte está sujeta a las condiciones climáticas, velocidad del viento, temperatura del concreto, etc. Es necesario llevar a cabo un tramo de prueba para definir el tiempo de la "ventana de corte" que puede estar entre 6 y 8 horas. Adicionalmente, se debe tener cuidado con la limpieza de la junta, adecuación de la junta y tipo de sello a colocar, factores importantes para garantizar la vida útil del sello.

- Se recomienda hacer control estricto de la superficie o nivelación del material granular con equipo topográfico, antes de instalar el concreto. Lo anterior con el fin de evitar dejar desniveles o depresiones que generen en el concreto esfuerzo de tensión inadmisible para el mismo.

- Antes de colocar el concreto, se recomienda instalar una capa de arena fina (sin fines estructurales) con el fin de disminuir la fricción que se genera entre la losa y el material granular.

- Tener cuidado en la fijación de los pasadores transversales de transferencia de carga, de tal manera que, se garantice la nivelación del mismo, para esto podría emplearse una formaleta de madera (reutilizable). Se precisa que este cuidado es de gran importancia, dado las repetidas fallas transversales encontradas en diversos pavimentos recién construidos con pasadores torcidos.

- El comportamiento de una estructura de pavimento ante las solicitudes de carga es función tanto de la calidad de cada uno de los materiales empleados en la construcción, como del sistema constructivo, así como de la metodología de diseño empleada. Sin embargo, es preciso resaltar la importancia en el manejo del drenaje, ya que la saturación de las capas subyacentes a la estructura del pavimento puede ocasionar saturación de los suelos y generar su colapso; por esta razón es necesario verificar que las medidas adoptadas sean adecuadas, de tal manera que no exista una

variación alta en el contenido de humedad, tanto de las capas granulares existentes como de la subrasante.

- Se recomienda el paso de una volqueta sencilla cargada, con la finalidad de identificar zonas de consistencia baja las cuales deberán ser intervenidas de manera especial, en función del comportamiento observado, el cual corresponderá a la restitución del terreno de soporte por material granular de mejoramiento o piedra gruesa de mejoramiento o material remanente en un espesor no inferior a 50cm. Esta definición se realizará en obra, mediante el reconocimiento del personal del proyecto.

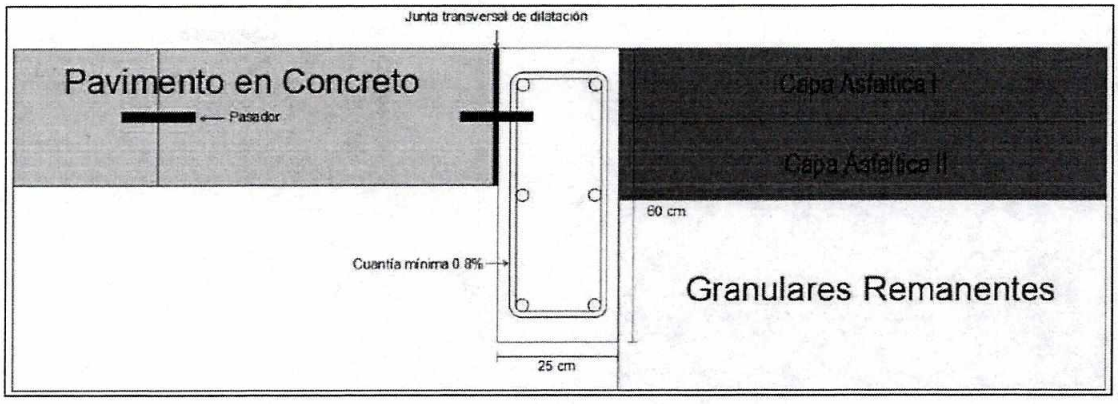
- Antes de instalar el concreto se recomienda la revisión del Módulo de Reacción K, con el fin de verificar las hipótesis del diseño. Para tal fin se propone realizar ensayos de placa controlada.

- Se recomienda no dar servicio al tráfico hasta que el concreto alcance una resistencia superior al 100% del valor de diseño.

- En caso de que se tenga una estructura de pavimento colindante cuya tipología sea distinta de aquella que se va a construir, es importante que se presente una transición entre la estructura nueva proyectada y el pavimento existente, lo cual permite mitigar las fisuraciones entre juntas debidas a la diferencia de rigideces entre dichas estructuras de pavimento. Con el objetivo de cumplir lo mencionado anteriormente, esta consultoría recomienda realizar un empalme de las estructuras, el cual debe realizarse mediante (1) una viga de choque que permita dar continuidad a las rigideces, evitando que al paso de los vehículos se presenten asentamientos entre los pavimentos.

- Para llevar a cabo la transición con el pavimento diseñado, se recomienda una viga de concreto de dimensiones 0.6 m de alto y 0.25 m de ancho reforzado con varillas de ½'' y pasadores de concreto hidráulico MR.

Ilustración 50. Esquema viga de choque



Fuente. Esta consultoría, 2024

- En aras de garantizar un confinamiento adecuado para el pavimento a construir, esta consultoría recomienda implementar los bordillos de perfil barrera que cumplan las especificaciones establecidas por la Norma Técnica Colombiana NTC 4109 del ICONTEC.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se llevó a cabo el diseño de pavimentos rígidos por medio de la metodología de la PCA para cada uno de los segmentos viales analizados, teniendo en cuenta que se debe garantizar el periodo de servicio de la estructura (20 años).

- Se realizaron conteos de tránsito en todos los segmentos viales objeto del contrato, a partir de los cuales se pudo determinar el número de ejes equivalentes y el espectro de cargas actuantes en el periodo de diseño.

SEGMENTO VIAL	$N_{8.2}$ (20 años)
Cra 44 entre las calles 25 y 30	960,890
Calle 25 entre las cras 41 y 44	356,183
Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25	210,115
Calle 24 entre las cras 42a y 42b	347,159
Calle 4a entre las cras 25c y 28	535,600
Cras 25c entre las diagonales 10 y 11	225,769
Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c	292,548
Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14	262,933
Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e	551,361
Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14	590,882

- Se ejecutó una campaña de exploración geotécnica a partir de la cual se pudieron determinar las características geomecánicas de los materiales encontrados. A partir de dicha información, se pudo determinar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y el potencial expansivo de la subrasante.

SEGMENTO VIAL	CBR diseño [%]
Cra 44 entre las calles 25 y 30	2.0
Calle 25 entre las cras 41 y 44	10.0
Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25	10.0
Calle 24 entre las cras 42a y 42b	10.0
Calle 4a entre las cras 25c y 28	10.0
Cra 25c entre las diagonales 10 y 11	10.0
Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c	10.0
Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14	10.0
Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e	11.3
Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14	8.0

- Se propuso colocar un mejoramiento en material seleccionado de corona de terraplén en un espesor mínimo de 40 cm en tres de los segmentos viales con el fin de garantizar una plataforma de trabajo estable durante la construcción de las estructuras de pavimento.

- En la mayoría de los apiques realizados se encontró que se cuenta con materiales granulares en espesores tales que garantizan un soporte adecuado para la estructura de pavimento, por ende, en estos segmentos viales no se colocó ningún material de mejoramiento. Cabe resaltar que para estos materiales se adoptó un valor de CBR de diseño de 10%, adoptando un criterio conservador para el diseño.

- De acuerdo con el análisis realizado del potencial de expansión de los suelos de subrasante según los resultados de consistencia del suelo y la expansión libre del ensayo de CBR, el potencial expansivo es bajo en la mayoría los segmentos viales evaluados.

- Las estructuras de pavimento propuestas para los segmentos viales objeto del presente análisis son las que se muestran en la siguiente tabla. Con estas estructuras se obtiene porcentajes de consumo menores del 100 % tanto por el criterio de fatiga como por criterio de erosión.

SEGMENTO VIAL	N 8.2 ton (20 años)	CBR diseño [%]	Material seleccionado de corona de terraplen [cm]	SBG Clase A [cm]	Losa de concreto MR 4.0 Mpa [cm]	Consumo Esfuerzo/Fatiga [%]	Consumo Erosión [%]
			Art. 220-22 INV	Art. 320-22 INV	Art. 500-22 INV		
Cra 44 entre las calles 25 y 30	960,890	2.0	40	20	20	90.2	6.2
Calle 25 entre las cras 41 y 44	356,183	10.0	-	20	20	31.2	2.2
Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25	210,115	10.0	-	20	20	31.0	1.3
Calle 24 entre las cras 42a y 42b	347,159	10.0	-	20	20	41.1	2.1
Calle 4a entre las cras 25c y 28	535,600	10.0	-	20	20	36.0	2.9
Cra 25c entre las diagonales 10 y 11	225,769	10.0	-	20	20	31.0	1.3
Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c	292,548	10.0	-	20	20	41.6	1.7
Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14	262,933	10.0	-	20	20	36.4	1.5
Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e	551,361	11.3	40	20	20	40.5	3.5
Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14	590,882	8.0	40	20	20	47.7	3.7

Fin del documento.

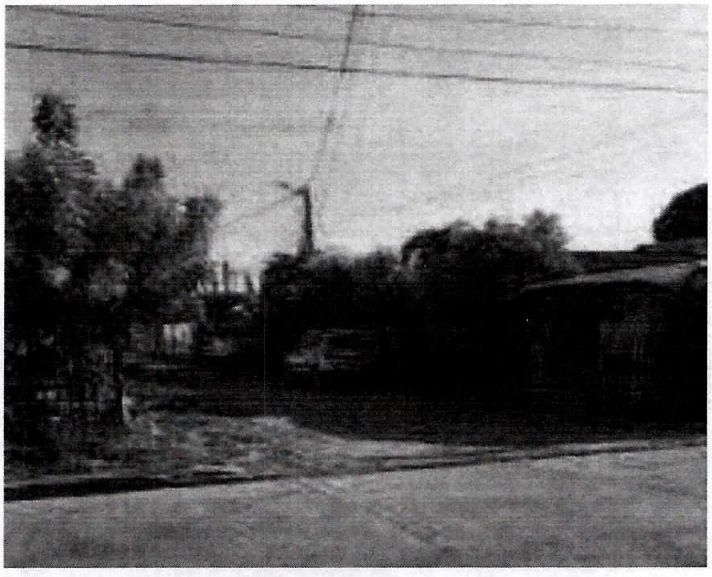
ESTUDIOS DE TRÁNSITO

722

PABLO CASTILLA NEGRETE

Estudios Geotécnicos y Ambientales

PLAN DE MANEJO DEL TRÁNSITO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO DE LA VÍA EN EL BARRIO LA FLORESTA EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.



I.C. PABLO CASTILLA NEGRETE.

ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

MONTERÍA - 2021

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN. 4
2. OBJETIVOS Y ALCANCES. 5
2.1. Objetivo. 5
2.2. Alcances. 5
3. GENERALIDADES. 6
3.1. Generalidades del municipio. 6
3.2. Geología. 7
3.3. Geomorfología. 9
3.4. Geoestructura y ambiente morfométrico. 10
3.5. Clima. 11
3.6. Vegetación. 14
4. PLAN DE MANEJO DEL TRÁNSITO. 15
4.1. Zona de influencia. 16
4.2. Recolección de información básica. 17
4.2.1. Señalización obras. 17
4.3. Selección de esquema por aplicar. 18
5. SEÑALIZACIÓN GENERAL. 19
5.1. Estado actual de señalización de la vía. 20
5.2. Señalización recomendada 21
5. CONCLUSIONES. 22
6. RECOMENDACIONES. 23
7. BIBLIOGRAFÍA. 23
8. LIMITACIONES DEL ESTUDIO. 24

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del proyecto en el municipio de Montería. 4
Figura 2. Localización del proyecto en el barrio del municipio. 5
Figura 3. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba. 6
Figura 4. Mapa subregiones del departamento de Córdoba. 7
Figura 5. Mapa de regiones geotectónicas del departamento de Córdoba. 8
Figura 6. Mapa geológico del proyecto en el municipio de Montería. 8
Figura 7. Perfil tipo de depósitos aluviales. 9
Figura 8. Unidades de paisaje del departamento de Córdoba. 10
Figura 9. Mapa de Geoestructura del departamento de Córdoba. 11
Figura 10. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba. 12
Figura 11. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba. 13
Figura 12. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba. 14
Figura 13. Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Córdoba. 15
Figura 14. Zona de influencia de la obra. 16
Figura 15. SP0-01 17
Figura 16. SP0-02 18
Figura 17. SR0-02. 18
Figura 18. Señal preventiva SIO-03. 18
Figura 19. Rutas alternas de llegada a la zona de influencia de la obra. 19
Figura 20. Localización de las señales existentes. 21
Figura 21. Localización de las señales de tránsito. 22

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Montería. 14

Tabla 2. Señalización existente..... 20

Tabla 3. Resumen de las señales recomendadas. 21

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

PLAN DE MANEJO DEL TRÁNSITO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO DE LA VÍA EN EL BARRIO LA FLORESTA EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

INTRODUCCIÓN.

De acuerdo con la solicitud presentada por el MUNICIPIO DE MONTERÍA, se realizó el plan de manejo del tránsito para la construcción de pavimento en concreto hidráulico de la vía en el barrio La Floresta, en el municipio de Montería, departamento de Córdoba.

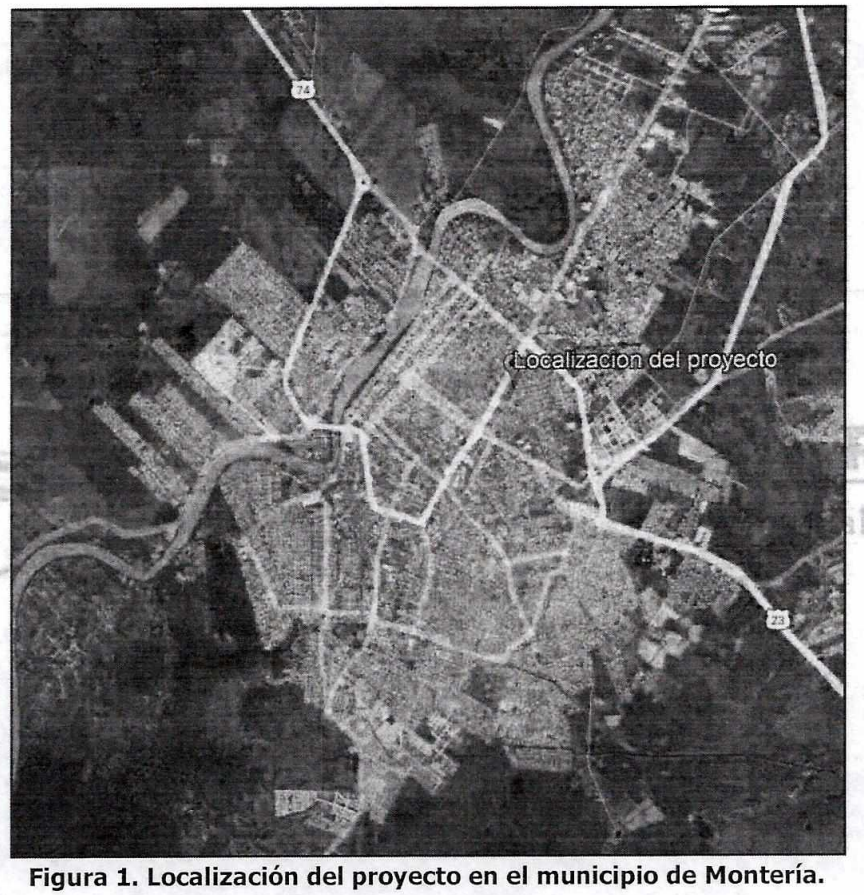


Figura 1. Localización del proyecto en el municipio de Montería.
Fuente: Google Earth.

El proyecto consiste en la construcción de 304.611 m de pavimento hidráulico en la carrera 14b entre calles 34a y 38.



Figura 2. Localización del proyecto en el barrio del municipio.
Fuente: Google Earth.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

2. OBJETIVOS Y ALCANCES.

2.1. Objetivo.

Generar las estrategias necesarias para disminuir el impacto por la construcción del pavimento, es decir, que el tránsito de peatones, ciclistas y conductores se vea afectado en la menor proporción posible.

2.2. Alcances.

Para alcanzar el objetivo planteado se desarrollarán las siguientes actividades:

a) Ubicación general del proyecto.
b) Determinar los desvíos requeridos por la construcción de la obra.
c) Recomendación de señalización de obras.
d) Recomendación de señalización general de la vía.
e) Conclusiones y recomendaciones finales.

3. GENERALIDADES.

3.1. Generalidades del municipio.

El municipio de Montería está situado en la zona centro del departamento de Córdoba, correspondiente a las tierras planas y ligeramente onduladas, de los valles de los ríos San Jorge y Sinú, entre las coordenadas 08° 45´27" de latitud Norte y 75° 53´24" de longitud Oeste, cubre un área total de 3141 Km^2.

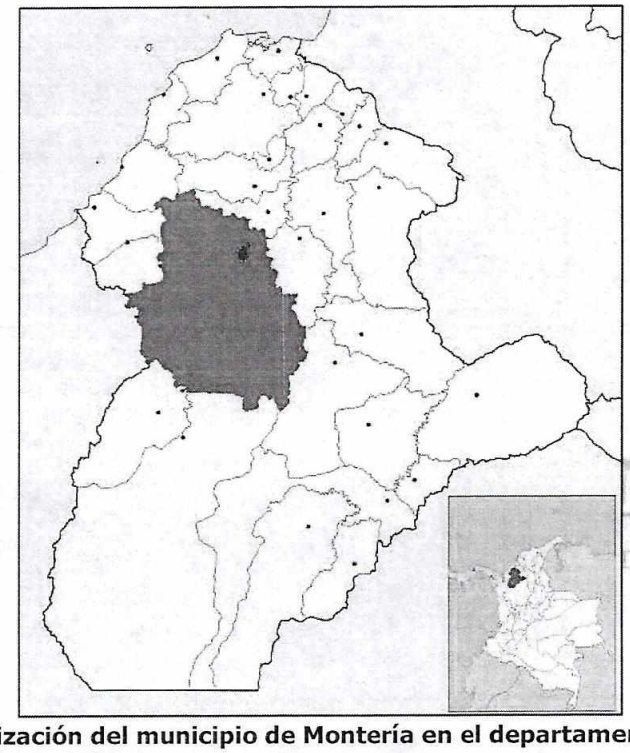


Figura 3. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba. Fuente: Wikipedia, la enciclopedia libre. "Montería", [En línea]. Julio de 2013, [julio de 2013]. Disponible en la web: https://es.wikipedia.org/wiki/Monter%C3%ADa.

Limita al Norte con el municipio de Cereté, Puerto Escondido y San Pelayo; al este con San Carlos y Planeta Rica; al sur con Tierralta y Valencia; al oeste con el departamento de Antioquia y los municipios de Canalete y San Carlos.

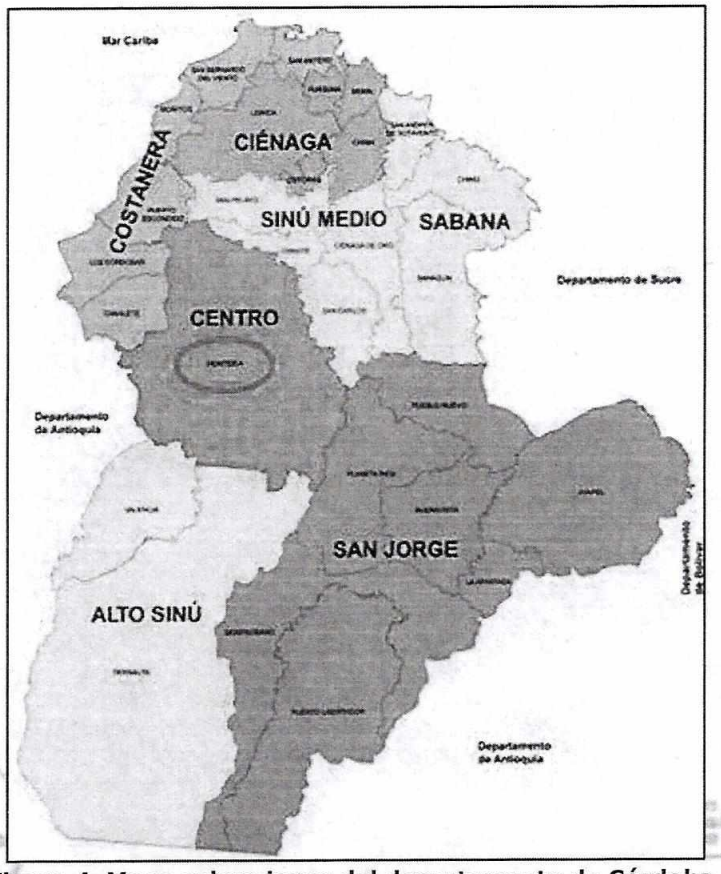


Figura 4. Mapa subregiones del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.2. Geología.

El municipio de Montería hace parte de la unidad estratigráfica del Cinturón de San Jacinto y las unidades litoestratigráficas del anticlinorio de San Jerónimo conformado por rocas ígneas y rocas sedimentarias.

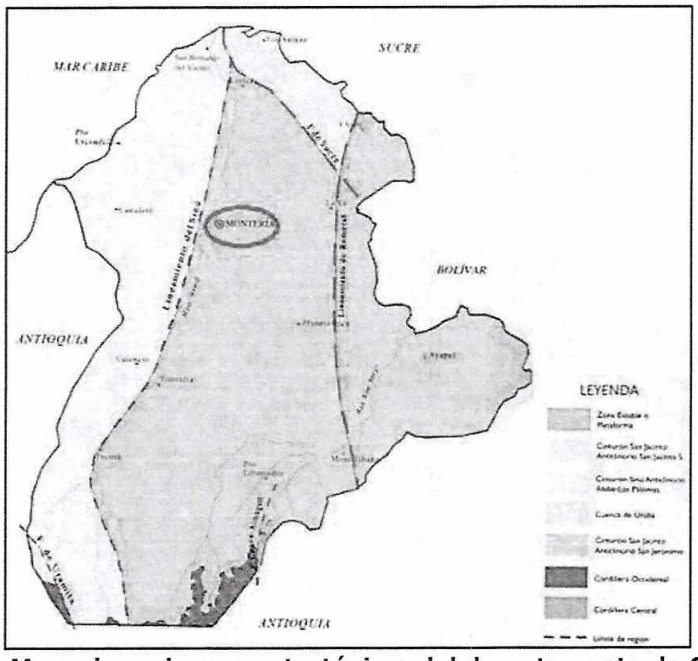


Figura 5. Mapa de regiones geotectónicas del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

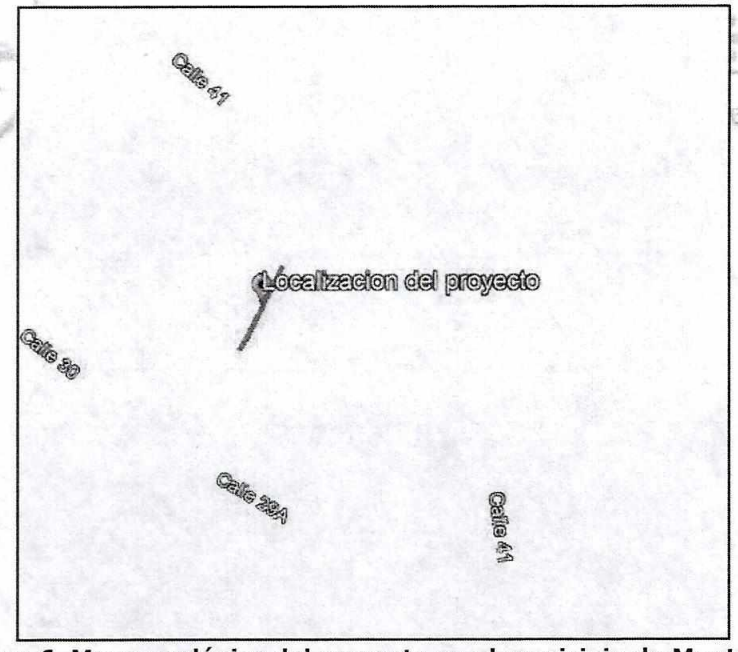


Figura 6. Mapa geológico del proyecto en el municipio de Montería.
Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Las formaciones geológicas en el lugar de construcción del proyecto corresponden a:

Q-al

Depósitos aluviales y llanuras aluviales

Los depósitos aluviales son suelos anisotrópicos en su distribución, con propiedades geotécnicas altamente variables, estrechamente relacionadas con la granulometría. Su continuidad es irregular, pudiendo tener altos contenidos en materia orgánica en determinados medios. La permeabilidad depende de la granulometría. Generalmente presentan un nivel freático alto.

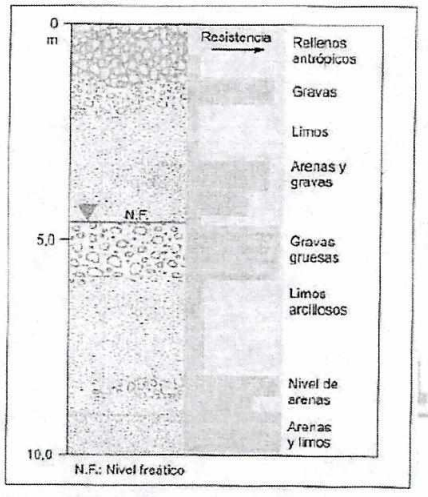


Figura 7. Perfil tipo de depósitos aluviales.
Fuente: González Vallejo, "Ingeniería geológica", editorial: PRENTICE HALL.

3.3. Geomorfología.

El río Sinú se caracteriza por formar valles aluviales amplios, entre los cuales está el depósito aluvial del municipio de Montería el cual aflora desde el corregimiento de Santa Isabel, hasta la población de El Vidrial al norte de Montería, donde se forman las zonas planas de gran extensión que incluye las ciudades de Montería y Cereté.

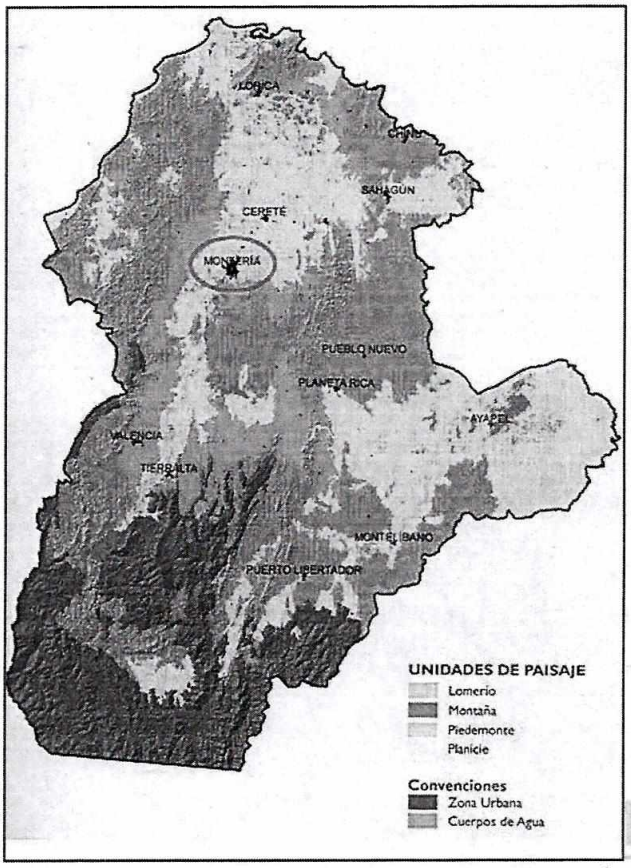


Figura 8. Unidades de paisaje del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El sitio de construcción del proyecto corresponde a un paisaje tipo planicie, con un relieve de plano de inundación y terrazas, con una litología de sedimentos medios y finos.

El paisaje de planicie es una geoforma caracterizada por ser una zona amplia y plana a ligeramente plana, cuyas pendientes son menores a 3.00%. Corresponde a los diferentes aportes de origen aluvial, marino o eólico.

3.4. Geoestructura y ambiente morfométrico.

El municipio de Montería se localiza en la geoestructura correspondiente a la megacuenca de sedimentación ubicada al norte y occidente de la cordillera y se extiende hasta el mar caribe, cubriendo 23.788,87 Km^2, lo que equivale al 95.40% del territorio del departamento de Córdoba. Geográficamente a esta pertenecen las serranías de Abibe, San Jerónimo, y Ayapel.

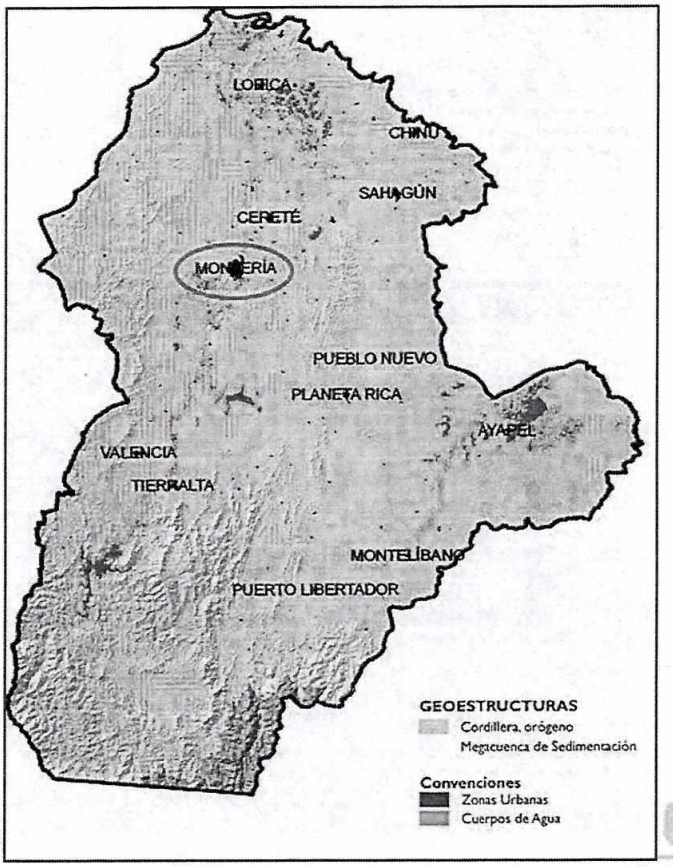


Figura 9. Mapa de Geoestructura del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.5. Clima.

El municipio de Montería dada su fisiografía y su posición en la llanura del caribe colombiano, se localiza con respecto a los vientos provenientes del mar en una posición de sotavento ocasionando climas predominantemente secos la mayor parte del año, con una alta humedad relativa por la presencia del río Sinú y sus sistemas de ciénagas y humedales, presenta lluvias con vientos (vendavales) en épocas húmedas y unos microrrelieves en las serranías de las Palomas y de San Carlos que se comportan como barloventos aumentando la nubosidad y la generación de lluvias.

El municipio de Montería posee una altura promedio de 18 msnm, con una precipitación media anual de 1200 mm.

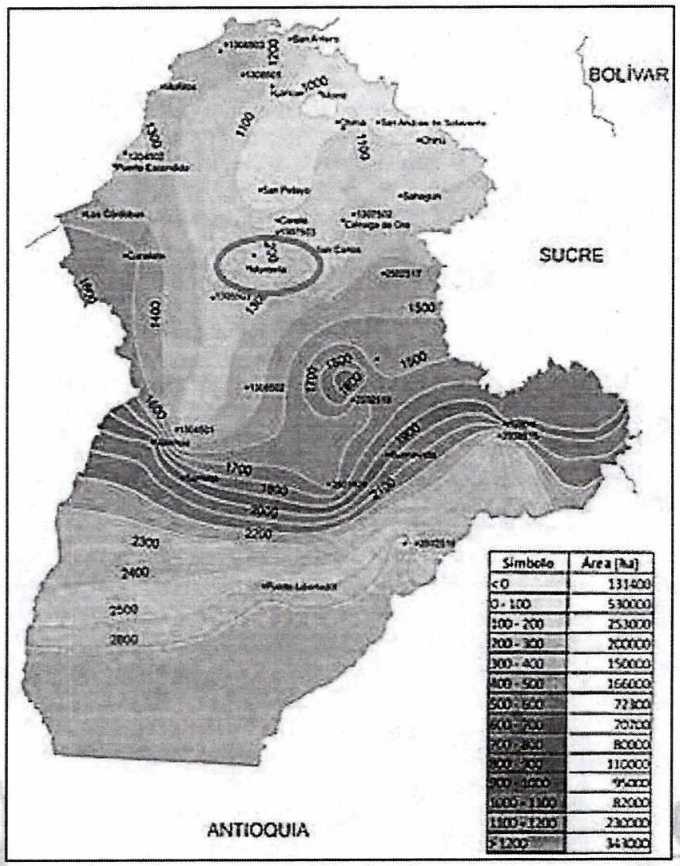


Figura 10. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El municipio presenta dos temporadas de lluvia: La primera es en parte de abril y mayo, y la segunda entre los meses de septiembre y noviembre; una temporada de menor intensidad de lluvias entre los meses de junio y agosto, y por último una temporada seca entre los meses de diciembre a marzo.

El promedio anual de la temperatura es de 26.90 °C, con un ligero aumento en los meses de marzo, abril y mayo. La Variación no es muy significativa, pues el 98.20% del territorio se encuentra en el piso térmico cálido. Por ello, puede considerarse que el promedio anual de 26.90 °C es representativo para el municipio de Montería.

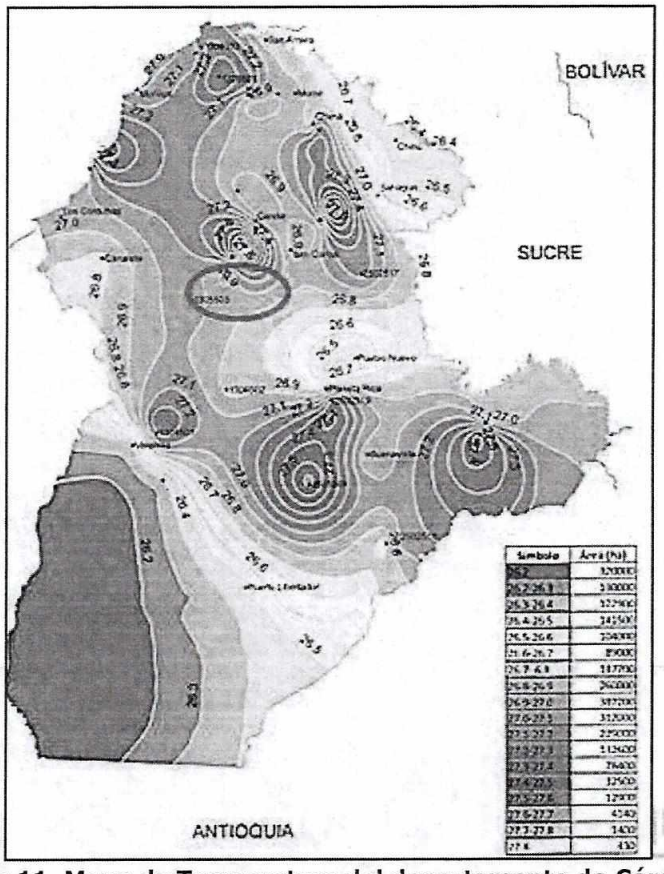


Figura 11. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El brillo solar anual varía entre 1.400 y 1.800 horas de luz.
La humedad ambiente (84.00%), se relaciona con el brillo solar y con los intensos procesos de evapotranspiración.

La evapotranspiración potencial (E.T.P.), presenta un área definida como de núcleo central regional del valle del Sinú que va desde Montería hasta el norte con un valor ubicado en el rango de 1700 - 1750 mm anuales decreciendo hacia las zonas extremas de la cuenca hasta los 1650 mm/año.

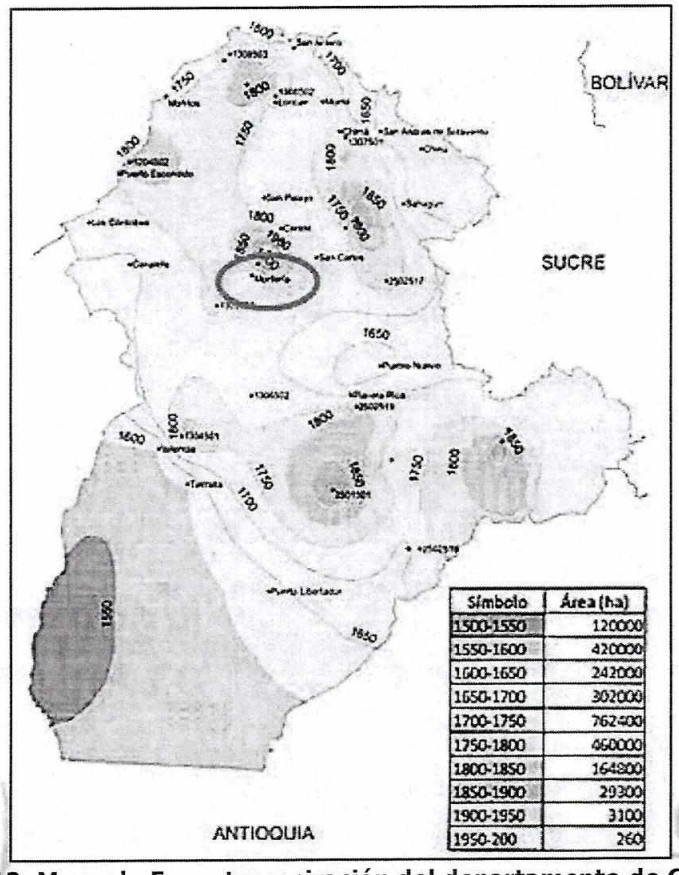


Figura 12. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite, el municipio presenta una franja alineada a lado y lado del plano de inundación del río en el clima cálido -seco; en el resto del área de Montería sigue siendo cálido, pero con un régimen de humedad semi-húmedo.

Estación	msnm	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	ETP (mm)	Déficit (mm)	Exceso (mm)	Piso Térmico	Clase Clima	Símbolo
Montería	18	1200	26,9	1711,4	558,0	46,6	Cálido	Seco	c-S

Tabla 1. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Montería.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.6. Vegetación.

El municipio de Montería tiene área de su territorio dentro de la parte media y baja del río Sinú, la vegetación original ha sido completamente degradada sólo a pequeños bosques o zonas de bosque de galería, por la transformación y/o adecuación de las

tierras de los ecosistemas para extensas áreas de praderas para el desarrollo de sistemas pecuarios semi - intensivos y extensivos y la agricultura comercial y de subsistencia. A los alrededores del municipio se encuentra áreas agrícolas heterogéneas, áreas que presentan heterogeneidad en la cobertura, ya sea por condiciones locales de clima o de suelos que hacen difícil la separación de unidades cartográficas homogéneas, y pastos de territorios agrícolas que son tierras ocupadas principalmente para la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho.

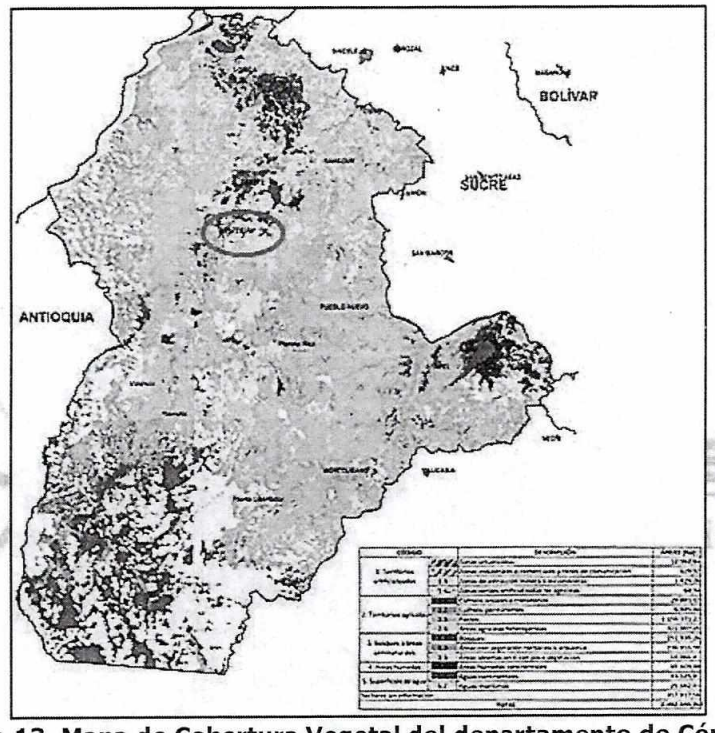


Figura 13. Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

4. PLAN DE MANEJO DEL TRÁNSITO.

En el Plan de Manejo de Tránsito (PMT) del presente proyecto se deben contemplar las estrategias necesarias para disminuir el impacto por la construcción del mismo, es decir, que el tránsito de peatones ciclistas y conductores se vea afectado en la menor proporción posible.

Las medidas a implementar se establecen teniendo en cuenta la categoría en la cual clasifica la obra a realizar, la cual puede ser:

- Categoría I - Obras de Interferencias Mínimas.
- Categoría II - Obras de Interferencias Moderadas.
- Categoría III - Obras de interferencias Altas o de gran Impacto.

De acuerdo con lo especificado en el manual de señalización, por tratarse de la construcción de una vía nueva se clasifica como una obra de interferencias moderadas por lo que requiere la elaboración de un plan de manejo de transito **Categoría II.** Los pasos a seguir para el plan de manejo de transito de esta categoría son:

- Conocimiento de la zona de influencia.
- Recolección de información básica.
- Selección de esquema por aplicar.

4.1. Zona de influencia.

La zona de influencia del proyecto corresponde al barrio La Floresta y es una vía de uso residencial.

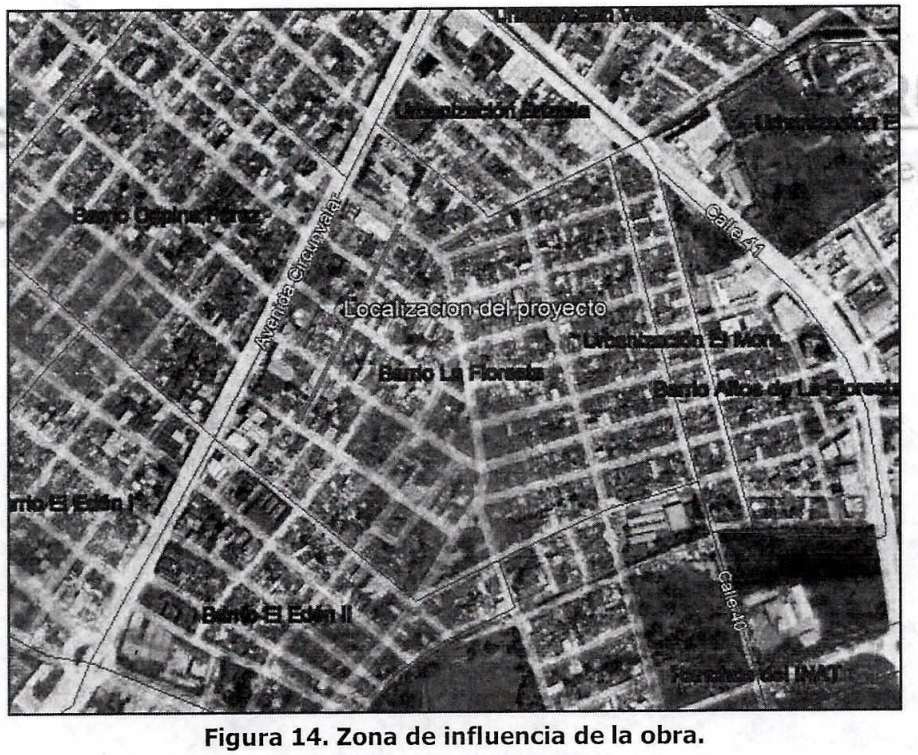


Figura 14. Zona de influencia de la obra.
Fuente: Google Earth.

4.2. Recolección de información básica.

La vía a construir será utilizada para la comunicación entre las calles del barrio La Floresta, por lo tanto, para su construcción se presentan dos alternativas de solución:

Alternativa 1: Se recomienda cerrar un carril para el inicio de la construcción y una vez se pueda dar acceso al tráfico, cerrar el otro carril, de tal manera que durante toda la obra el flujo vehicular se mantenga. Esta opción de manejo del tránsito requiere la disminución de la velocidad teniendo en cuenta la disponibilidad de espacio que se tiene para los dos sentidos de circulación, utilizando las señales necesarias.

Alternativa 2: Se recomienda cerrar ambos carriles dejando habilitado el paso peatonal por los andenes. Esta opción de manejo del tránsito requiere la utilización de rutas alternas las cuales serán determinadas más adelante.

4.2.1. Señalización obras.

Mientras se ejecutan las obras para la construcción del pavimento, se debe utilizar señalización que prevenga a los peatones y conductores, deberán ubicarse con anterioridad al inicio de la obra y permanecer durante la ejecución de la misma, serán retirados una vez cesen las condiciones que dieron origen a su instalación. A continuación, se muestran algunas de las señales a utilizar:

Pablo Castilla Negrete
Estudios Geotécnicos y Ambientales

- TRABAJOS EN LA VÍA (SPO-01).



Figura 15. SP0-01.
Fuente: Manual de señalización del INVIAS, 2015.

- MAQUINARIA EN LA VÍA (SPO-02).



Figura 16. SP0-02.
Fuente: Manual de señalización del INVIAS, 2015.

- DESVÍO (SIO-07).



Figura 17. SR0-02.
Fuente: Manual de señalización del INVIAS, 2015.

- INFORMACIÓN DE FIN DE OBRA (SIO-03).



Figura 18. Señal preventiva SIO-03.
Fuente: Manual de señalización del INVIAS, 2015.

4.3. Selección de esquema por aplicar.

Como rutas alternas de conexión en el barrio La Floresta se muestran en la siguiente figura:



Figura 19. Rutas alternas de llegada a la zona de influencia de la obra.
Fuente: Google Earth.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

5. SEÑALIZACIÓN GENERAL.

Es función de los dispositivos para la regulación del tránsito indicar a los usuarios las precauciones que debe tener en cuenta, las limitaciones que gobiernan los tramos de circulación y las informaciones estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la vía.

Para garantizar la visibilidad de las señales y lograr la misma forma y color tanto en el día como en la noche, los dispositivos para la regulación del tránsito deben ser elaborados preferiblemente con materiales reflectivos o estar convenientemente iluminados. La reflectividad se consigue fabricando los dispositivos con materiales adecuados que reflejen las luces de los vehículos, sin deslumbrar al conductor.

Existen dos tipos de señalización, la señalización vertical y la horizontal. La señalización vertical se subdivide de acuerdo con la función que cumplen en:

- Señales preventivas.
- Señales reglamentarias.
- Señales informativas.

Las señales horizontales pueden ser:

- Marcas longitudinales.
- Marcas transversales.
- Marcas de bordillo y sardineles.
- Marcas de objetos.

5.1. Estado actual de señalización de la vía.

La revisión del estado actual se hace a través de un recorrido de las vías a diseñar y se resumen en la siguiente tabla:

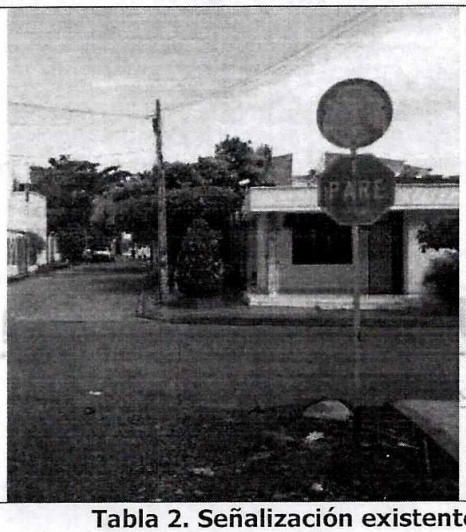
N°	Señal	Ubicación
1 Señal doble (SR-01)-(SR-06)		CARRERA 14B CON CALLE 38

Tabla 2. Señalización existente.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.



Figura 20. Localización de las señales existentes.
Fuente: Google Earth.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

La señalización existente se considera adecuada teniendo en cuenta las prioridades de las vías ya pavimentadas que sirven de conexión con vías de mayores flujos, sin embargo, se deben intervenir para que pueda cumplir su función, en este caso se recomienda el reemplazo de los tableros, por tableros nuevos.

5.2. Señalización recomendada

a) Señalización vertical:

Se recomienda la siguiente señalización y se presentan en el plano suministrado como anexo 1.

Número de señales	Señal		Justificación
7	Señal reglamentaria SR-01		Intercepción con vías donde estas tienen preferencia.

Tabla 3. Resumen de las señales recomendadas.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

- **Ubicación y altura de las señales verticales.**

En vías urbanas como la que se va a diseñar, las señales deben tener al menos 0.30 m entre el borde del pavimento y el extremo más sobresaliente de la señal; la altura de la señal medida desde su extremo inferior hasta la cota del borde del andén no debe ser menor de 2.00 m, como se muestra a continuación:

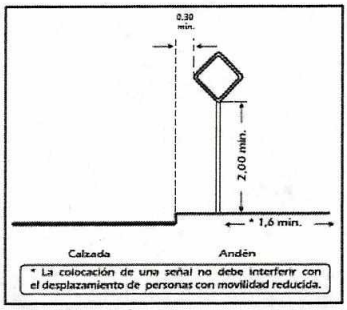


Figura 21. Localización de las señales de tránsito.
Fuente: Manual de señalización del INVIAS, 2015.

Nota: *Las señales deben cumplir con las especificaciones dadas en el manual de señalización vial dado por el INVIAS.*

b) Señalización horizontal.

Se recomienda la utilización de líneas longitudinales para delimitar los carriles y líneas de borde de pavimento de acuerdo con lo recomendado en el manual de señalización vial dado por el INVIAS.

La señal de PARE SR-01 debe ser complementada con su respectiva demarcación horizontal, tal y como se muestra en las figuras 3-28 y 3-29 del manual de señalización del INVIAS.

5. CONCLUSIONES.

Al desarrollar el estudio se generan las siguientes conclusiones:

- Por el tipo de obra a construir se debe generar un plan de manejo del tránsito de Categoría II.
- Con el plan de Categoría II se establece la zona de influencia de la obra, las rutas alternas y la recomendación de ejecución de la obra.
- Durante la ejecución de las obras para la construcción del pavimento, se debe utilizar señalización que prevenga a los peatones y conductores, deberán

ubicarse con anterioridad al inicio de la obra y permanecer durante la ejecución de la misma.

6. RECOMENDACIONES.

Al desarrollar el estudio se generan las siguientes recomendaciones:

- Por ser la vía a construir entrada y salida constante de vehículos, no se recomienda el cierre total para la construcción del proyecto.
- Se recomienda instalar señales verticales de medidas 60 cm x 60 cm para zonas urbanas, con papel retroreflectivo tipo IV. Soporte vertical ángulo 2" x 2" x ¼" horizontal 2" x 2" x 1/8", tablero con lámina galvanizada.
- Según las condiciones climáticas de la zona se recomienda implementar pintura plástica en frio /y no termoplástica), esta misma deberá estar acompañada de material antideslizante de apariencia granular especial más micro esferas retroreflectivas.

7. BIBLIOGRAFÍA.

Como parte de este estudio se utilizó la siguiente bibliografía:

- Instituto geográfico Agustín Codazzi, "Estudio general de suelos y zonificación de tierras – Departamento de Córdoba". Imprenta nacional de Colombia, Bogotá D.C. 2009.
- Plan de ordenamiento territorial del municipio.
- Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas G. "Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones". 8ª Edición.
- Manual de señalización vial, dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia. INVIAS, 2015.

8. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

En los casos en que las verificaciones durante la etapa de obra arrojen la conclusión de que los supuestos de diseño se han alterado, deberá llevarse a cabo el correspondiente proceso de ajuste de los diseños, de modo que éstos se validen.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Ingeniero Civil
Especialista en mecánica de suelos y cimentaciones.
Especialista en ingeniería ambiental.
Especialista en Prevención, atención y reducción de desastres.
Especialista en gerencia para ingenieros.
M.P. 1320251172BLV
Montería, diciembre de 2021.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

ANEXO 1.
SEÑALIZACIÓN
(EN CD)

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

CARACTERISTICAS DEL DRENAJE	PORCENTAJE DEL TIEMPO QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTA EXPUESTA A GRADOS DE HUMEDAD PROXIMA A LA SATURACION			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Tabla 11. Valores del coeficiente de drenaje, Cd.
Fuente: AASHTO Guide For Design of Pavement Structures. Washington D.C. 1993.

7.2.5. Coeficiente de transferencia de carga, J.

Este factor tiene en cuenta la transmisión de las cargas ya sea a través de discontinuidades (juntas o grietas), el tipo de berma (de concreto unida al pavimento o de asfalto).

En función de la existencia o no de dispositivos de transmisión de cargas (pasadores en los pavimentos con juntas, acero en los armados con refuerzo continuo) se dan los siguientes valores:

BERMA	DE ASFALTO		DE CONCRETO	
Dispositivos de transmision de carga	SI	NO	SI	NO
Pavimento no reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Pavimento reforzado continuo	2.9 - 3.2	-	2.3 - 2.9	-

Tabla 12. Coeficiente de transferencia de carga, J.
Fuente: AASHTO Guide For Design of Pavement Structures. Washington D.C. 1993.

7.2.6. Módulo de reacción efectivo de la losa.

El módulo de reacción de la subrasante natural K, fue estimado como se describe en el numeral 7.1.3., a través de correlación con el valore del CBR de diseño.

Para determinar el módulo de reacción efectivo de la subrasante se sigue el procedimiento dado en la guía de diseño de pavimento de la AASHTO:

a) Con el siguiente nomograma se estima el valor del módulo de reacción compuesto de la subrasante (Kc), en función de los siguientes parámetros:

- Módulo resiliente de la capa de apoyo, calculado mediante correlaciones con el CBR (Instituto del asfalto).

$$Mr(Mpa) = 10 * CBR$$

- Espesor de la subbase.

- Módulo de elasticidad de la subbase, calculado con la expresión dada por la Shell.

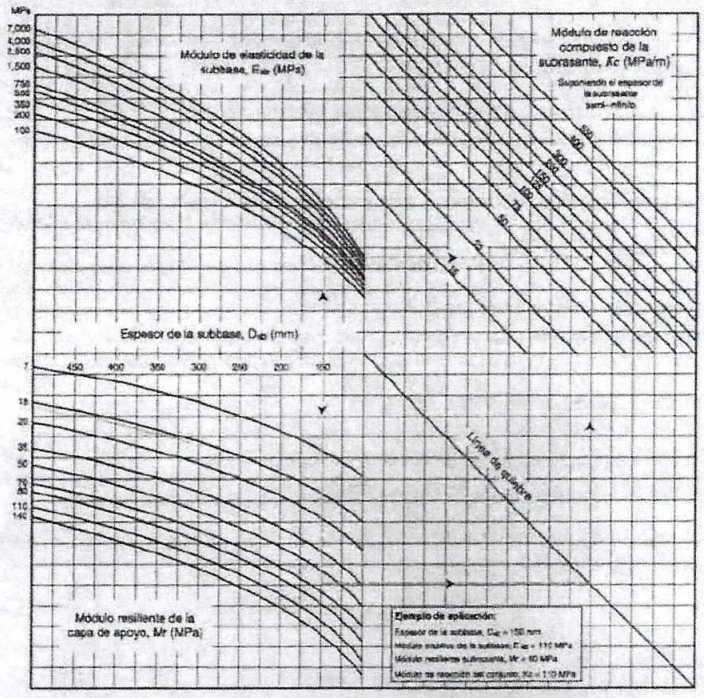
$$Mr_{Capa\ granular} = 0.206 * h^{0.45} * Mr_{Capa\ de\ apoyo}$$

Dónde:

$Mr_{Capa\ granular}$: Modulo resiliente de la capa granular que se está evaluando (Kg/cm^2).

h: Espesor de la capa de subbase (mm).

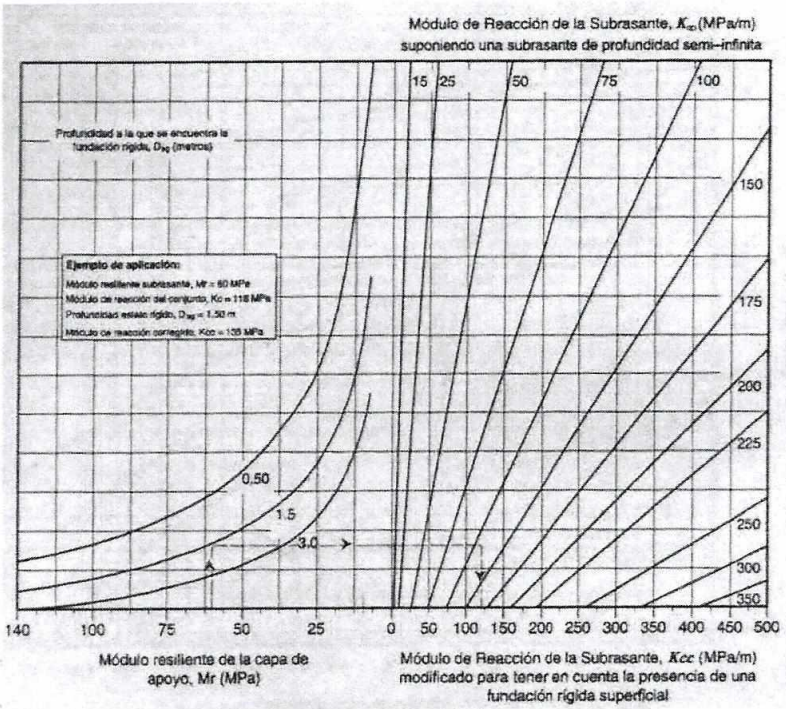
$Mr_{Capa\ de\ apoyo}$: Modulo resiliente de la capa de apoyo, ya sea subrasante o subbase granular.



Gráfica 2. Carta para estimar el módulo de reacción compuesto asumiendo una profundidad semi-infinita de la capa de soporte.
Fuente: AASHTO Guide For Design of Pavement Structures. Washington D.C. 1993.

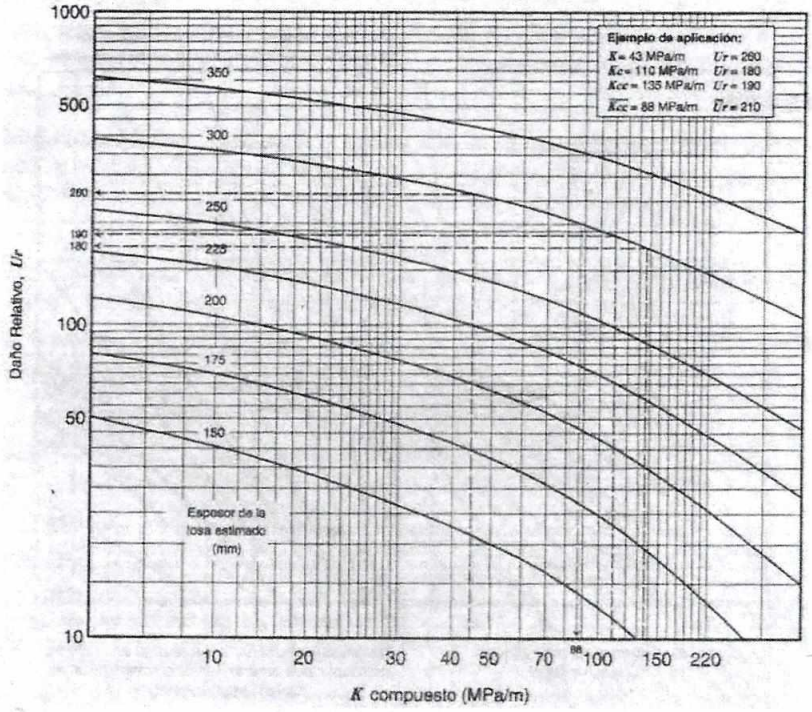
b) Si la subrasante está sobre un estrato rígido (rocoso) a menos de 3.00 m de profundidad, hay que corregir el módulo de reacción compuesto obtenido en el paso anterior, utilizando las siguientes curvas y con los siguientes parámetros:

- Módulo resiliente de la capa de apoyo.
- Profundidad a la que se encuentra la fundación rígida.



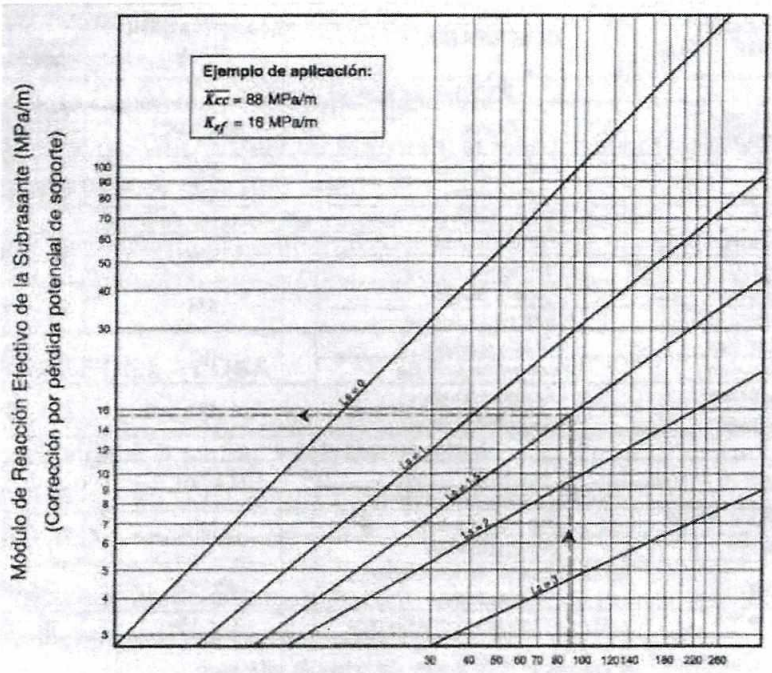
Gráfica 3. Carta para modificar el módulo de reacción de la subrasante por la presencia de una capa rígida cercana a la superficie.
Fuente: AASHTO Guide For Design of Pavement Structures. Washington D.C. 1993.

c) Se determina el módulo de reacción del conjunto promedio Kcc, estimando un espesor de diseño de la losa y calculando el daño relativo Ur.



Gráfica 4. Carta para estimar el daño relativo (Ur) en pavimentos rígidos.
Fuente: AASHTO Guide For Design of Pavement Structures. Washington D.C. 1993.

d) Para finalizar, se corrige el módulo efectivo de la subrasante (Kef), por perdida potencial de soporte debido a la erosión de la subbase. Este el valor a utilizar en el diseño de pavimentos.



Gráfica 5. Carta para corregir el módulo de reacción efectivo de la subrasante por pérdida potencial de soporte de la subbase.
Fuente: AASHTO Guide For Design of Pavement Structures. Washington D.C. 1993.

Tipo de base o subbase	Factor de pérdida de soporte Ls
Bases granulares tratadas con cemento (E:7000 a 14000 Mpa)	0.0 a 1.0
Subbases tratadas con cemento (E: 3500 a 7000 Mpa)	0.0 a 1.0
Bases estabilizadas (E:2500 - 7000 Mpa)	0.0 a 1.0
Subbases estabilizadas con asfalto (E: 300 a 2000 Mpa)	0.0 a 1.0
Estabilización con cal (E: 150 a 1000 Mpa)	1.0 a 3.0
Materiales granulares sin tratar (E: 100 a 300 Mpa)	1.0 a 3.0
Suelos finos y subrasantes naturales (E: 20 a 300 Mpa)	2.0 a 3.0
En esta tabla, E es el módulo elástico o el de resiliencia del material (Mpa = 10.1971 Kgf/cm2)	

Tabla 13. Factor de pérdida de soporte, Ls.
Fuente: AASHTO Guide For Design of Pavement Structures. Washington D.C. 1993.

7.2.7. Módulo de rotura.

Este parámetro se estima como se describe en el numeral 7.1.5.

7.2.8. Módulo de elasticidad de concreto.

Se determina de acuerdo con el procedimiento descrito en la Norma ASTM C469, o en su defecto correlacionándolo con otras características del material como lo es la resistencia a la compresión.

Cuando no se tiene información del tipo de agregado o de su origen, se utiliza la siguiente formulación:

$$Ec = 3900\sqrt{f'c} - 12500\sqrt{f'c}$$

Dónde:
f'c: Resistencia a la compresión del concreto (Mpa – Kg/cm^2).

Por lo que para un concreto de módulo de rotura igual a 38 Kg/cm^2, lo cual equivale a 245 Kg/cm^2 de resistencia a la compresión, se tiene lo siguiente:

$$Ec = 12500\sqrt{245Kg/cm2} = 195656Kg/cm2 = \mathbf{2782228}\boldsymbol{PSI}$$

7.2.9. Determinación del espesor de concreto.

Se determina por medio de la expresión general o formula básica de la AASHTO, partiendo de conocimientos del tránsito, condiciones de serviciabilidad, condiciones ambientales, de transferencia de carga, características del concreto y de la resistencia de la subrasante.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

La ecuación básica de la AASHTO para determinar el espesor de la losa de concreto es:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 7\,35 \times \log_{10}(D + 1) - 0\,06 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4\,5 - 1\,5}\right]}{1 + \frac{1\,624 \times 10^7}{(D+1)^{8\,46}}} + (4\,22 - 0\,32 \times p_t) \times \log_{10}\left[\frac{S'_c \times C_d \times (D^{0\,75} - 1\,132)}{215\,63 \times J\left[D^{0\,75} - \frac{18\,42}{(E_c/k)^{0\,25}}\right]}\right]$$

Dónde:

W_{18}: Numero previsto de ejes equivalentes a 8.2 t, a lo largo del periodo de diseño.
Z_1: Desviación normal estándar.
S_0: Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.
D: Espesor del pavimento de concreto (en mm).
ΔPSI: Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.
Pt: Índice de servicio final.
Mr: Resistencia media del concreto (en Mpa) o flexotracción a los 28 días (método de carga en los tercios de la luz).

Cd: Coeficiente de drenaje.
J: Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas.
Ec: Módulo de elasticidad del concreto.
k: Módulo de reacción de la superficie (base o sub-base o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.
El diseño se realiza con ayuda del software AASHTO, desarrollado por el ingeniero Luis Ricardo Varela, Manizales octubre de 2000.

7.3. Diseño de juntas.

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: las cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impidan un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, y se dividen en longitudinales y transversales:

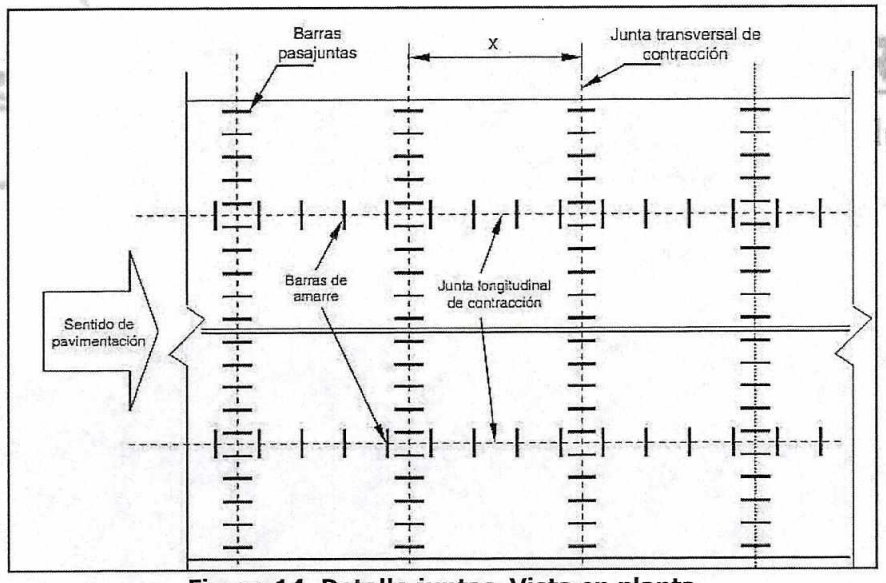


Figura 14. Detalle juntas. Vista en planta
Fuente: Manual Pemex para diseño de pavimentos en concreto rígido. 2004.

7.3.1. Juntas longitudinales.

Se colocarán juntas longitudinales para dividir la calzada en dos franjas iguales con lo cual se facilita la construcción del pavimento, sin embargo, estas juntas se dotarán de

barras de anclaje para impedir que se desplacen las losas de un carril, respecto a las del otro y para resistir la fuerza de tracción causada por la fricción generada entre la losa y el conjunto de subrasante más material granular.

Se recomienda emplear la siguiente tabla para la escogencia de las barras de anclaje, en función del espesor de pavimento adoptado:

Espesor de losa (cm)	Barras de Φ9.5 mm (3/8")				Barras de Φ12.7 mm (1/2")				Barras de Φ15.9 mm (5/8")			
	Longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)			Longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)			Longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)		
		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=1.875 kgf/cm2 (40000 Psi)												
15.00		80	75	65		120	120	120		120	120	120
17.50		70	60	55		120	110	100		120	120	120
20.00	45	60	55	50	60	105	100	90	70	120	120	120
22.50		55	50	45		55	85	80		120	120	120
25.00		45	45	40		85	80	70		120	120	120
Acero de fy=2.800 kgf/cm2 (60000 Psi)												
15.00		120	110	100		120	120	120		120	120	120
17.50		105	95	85		120	120	120		120	120	120
20.00	65	90	80	75	85	120	120	120	100	120	120	120
22.50		80	75	65		120	120	120		120	120	120
25.00		70	65	60		120	115	110		120	120	120

Tabla 14. Recomendaciones para la selección de las barras de anclaje.
Fuente: Instituto Colombiano de Productores de Cemento (I.C.P.C). Pavimentos de Concreto, Manual de Diseño, Piloto Ltda., Medellín, 1996.

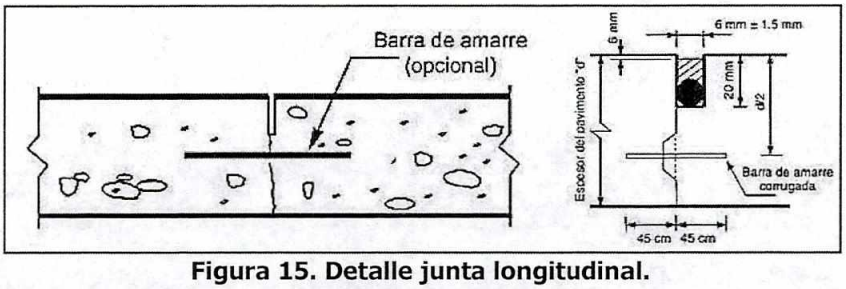


Figura 15. Detalle junta longitudinal.
Fuente: Manual Pemex para diseño de pavimentos en concreto rígido. 2004.

7.3.2. Juntas transversales.

Con el fin de controlar las grietas del concreto causadas por fenómenos de retracción, de fraguado del hormigón y por las acciones climáticas: temperatura y humedad, las juntas transversales se colocarán en la unión de cada placa y se complementarán con la

colocación de pasadores de carga, que son, barras de acero cortas y lisas con un límite de fluencia mínimo de 60KSI, metidas en el concreto fresco.
Las dovelas, para poder cumplir con su objetivo, deben ser fáciles de instalar, lisas y al menos dos terceras partes de su longitud deben estar recubiertas con un material antiadherente, con el propósito de no restringir los desplazamientos horizontales de las losas. Además, deben ser resistentes a la fatiga y a la corrosión.

Se recomienda emplear barras de acero liso tal como se muestra en la siguiente tabla acorde a las alternativas planteadas:

Espesor del pavimento	Diametro del pasador		Longitud total	Separacion entre centro
(mm)	(mm)	(pulg)	(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

Tabla 15. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga.
Fuente: American Association of State of Highway and Transportation AASHTO. Guide for Design of Pavements Structures 1986. Washington: AASHTO 1986, P.V.

A continuación, se presentan los detalles típicos de la construcción de juntas:



Figura 16. Detalle junta transversal.
Fuente: Manual Pemex para diseño de pavimentos en concreto rígido 2004.

8. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

8.1. Método de la PCA.

8.1.1. Factor de seguridad.

Teniendo en cuenta que la vía a diseñar presenta volumen de tránsito pesado bajo, se adopta un factor de seguridad de carga igual a 1.00.

8.1.2. Mejoramiento de la subrasante.

Se hace necesaria la realización de un mejoramiento teniendo en cuenta el valor obtenido de CBR de diseño (1.02%) por debajo del 5%. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

a (cm)	10.80
ES (Kg/cm²)	131.85
hm (cm)	**30.00**
Em (Kg/cm²)	673
Ecc (Kg/cm²)	429.14
CBR subrasante (%)	**1.02**
n	1.92
CBR subrasante mejorada %	**5.3**

Tabla 16. Cálculos para el mejoramiento de la subrasante.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

Dónde:
a: Radio de la huella (cm).
Es: Módulo de la subrasante (Kg/cm2).
hm: Espesor del reemplazo (cm).
Em: Módulo del material de mejoramiento (Kg/cm2).
Ecc: Módulo del sistema combinado (Kg/cm2).

El espesor de mejoramiento requerido es igual a 0.30 m correspondiente a piedra rajón sobre geotextil. El mejoramiento recomendado se muestra en la siguiente figura:

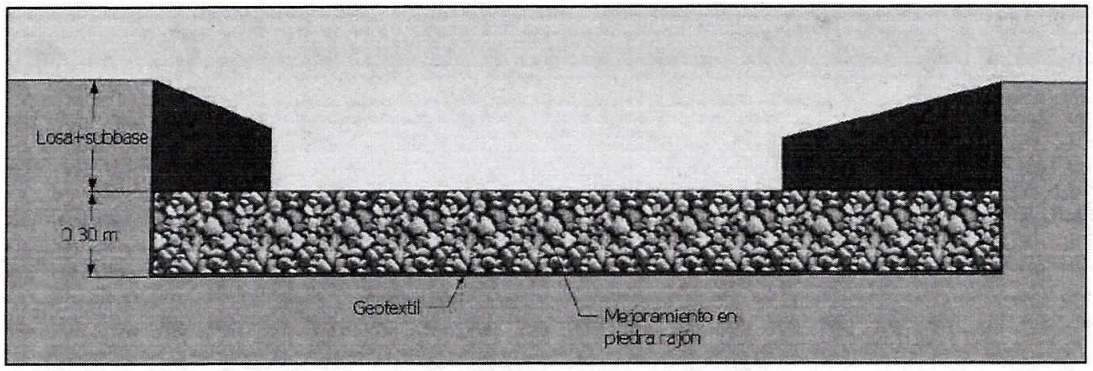


Figura 17. Mejoramiento a realizar.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría, con ayuda de la herramienta SketchUp.

8.1.3. Módulo de reacción de la subrasante.

Para el CBR mejorado igual a 5.30% se obtiene un valor de módulo de reacción igual a 41 Mpa/m.

8.1.4. Módulo de reacción del Soporte K combinado (Subrasante – Subbase).

Con el módulo de reacción K de la subrasante igual a 41 Mpa/m, se estima el K combinado en función de espesores tentativos de sub-base, los cuales se muestran a continuación:

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

K de la subrasante (Mpa/m)	Espesor sub-base (mm)	K combinada subrasante – sub-base (Mpa/m)
41	200	55.3
41	250	61.0
41	300	67.2
41	350	73.4

Tabla 17. Resumen de los valores obtenidos de K combinados.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

Se recomienda la utilización de un geotextil en la parte inferior y a los lados de la capa de sub-base granular con el fin de disminuir la erosionabilidad del material y evitar así el fenómeno del bombeo.

Nota: *Los materiales de subbase de la zona frecuentemente son susceptibles al realizarles una prueba de colapso como se muestra en el anexo 1, debido a esto se recomienda la utilización de geotextil para protección de la sub-base granular, sin embargo, se puede omitir su uso si la subbase granular cumple con los requisitos dados*

por el INVIAS en el artículo 320-13 y al realizar el ensayo de potencial de colapso INV E-157-13 este resulta sin ningún grado de colapso de acuerdo con la tabla 157-1.

8.1.5. Determinación del espesor de concreto.

En la siguiente tabla se resumen los valores obtenidos en el software PCA, descartando los resultados obtenidos por encima del mínimo permitido en función de los requerimientos de fatiga y erosión (menores a 100%):

Espesor de la subbase	K de la Subrasante combinada	Espesor de losa	Módulo de rotura	Consumo (%)	
(mm)	(Mpa/m)	(mm)	(Mpa)	Fatiga	Erosión
200	55.30	190	3.8	286.36	2.55
200	**55.30**	**200**	**3.8**	**82.81**	**1.65**
200	55.30	210	3.8	27.10	1.09
250	61.00	200	3.8	60.98	1.58
200	55.30	220	3.8	9.20	0.72
250	61.00	210	3.8	20.30	1.04
300	67.20	200	3.8	45.27	1.52
200	55.30	230	3.8	2.38	0.48
250	61.00	220	3.8	6.50	0.69
300	67.20	210	3.8	15.26	0.99
350	73.40	200	3.8	34.64	1.46
200	55.30	240	3.8	0.32	0.32
250	61.00	230	3.8	1.46	0.46
300	67.20	220	3.8	4.51	0.65
350	73.40	210	3.8	11.61	0.95
200	55.30	250	3.8	0.00	0.21
250	61.00	240	3.8	0.13	0.30
300	67.20	230	3.8	0.83	0.43
350	73.40	220	3.8	3.12	0.62
250	61.00	250	3.8	0.00	0.20
300	67.20	240	3.8	0.04	0.28
350	73.40	230	3.8	0.46	0.41
300	67.20	250	3.8	0.00	0.19
350	73.40	240	3.8	0.00	0.27
350	73.40	250	3.8	0.00	0.17

Tabla 18. Resultados arrojados de la estructura del pavimento software BS-PCA (UNICAUCA). Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Analizando los resultados obtenidos en función de los requerimientos de fatiga y erosión, se obtiene como sección eficiente la mostrada a continuación:

Descripción de la vía	Espesor de sub-base (mm)	Espesor losa (mm)	Módulo de rotura (Kg/cm^2)	Fatiga (%)	Erosión (%)
BARRIO LA FLORESTA	200	200	38.00	82.81	1.65

Tabla 19. Alternativa eficiente determinada con el método de la PCA.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

8.2. Método de la AASHTO.

8.2.1. Desviación normal estándar Zr.

Según la clasificación vial dada en el POT del municipio la vía se clasifica como local, debido a esto se toma un nivel de confiabilidad del 80%, para el cual la desviación normal estándar es -0.841.

8.2.2. Error estándar So.

Por tratarse de una construcción nueva en pavimento rígido, se toma un valor de error estándar igual a 0.35.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

8.2.3. Índice de servicio y su variación.

El índice de servicio inicial Po para pavimento rígido se toma de 4.50, valor estimado en los pavimentos del ensayo AASHTO. Para el índice de serviciabilidad final se toma un valor de 2.50 por tratarse de carreteras, es decir, el ΔPSI que depende de la calidad de la construcción será igual a 2.00.

8.2.4. Coeficiente de drenaje CD.

Se toma un valor de 1.00 debido a las características de drenaje de la zona que se consideran buenas al demorar 1 día el agua en ser evacuada.

8.2.5. Coeficiente de transferencia de carga, J.

Para estimar el coeficiente de transferencia de carga J, se debe determinar si se tiene en cuenta o no las bermas de concreto unidas o losas ensanchadas las cuales reducen las tensiones y deformaciones en una losa. Es por eso que se usan valores menores de J. La razón para tomar J menores en pavimentos con bermas de concreto unida es

porque se supone que los vehículos no transitarán por ellas, en este caso como se proyectan vías estrechas este efecto no se tendrá en cuenta.

En este caso se considera un valor del coeficiente de transferencia de carga igual a 3.10, siendo este el valor máximo para este tipo de pavimentos.

8.2.6. Módulo de reacción efectivo de la losa.

La losa del pavimento estará apoyada sobre una sub-base granular de 200 mm de espesor, según esto y teniendo en cuenta la Tabla 13, el factor de perdida de soporte igual a 1.00.

Realizando el procedimiento descrito en el numeral 7.2.6 se obtiene un valor de módulo de reacción efectivo de 20 Mpa/m, o lo que es lo mismo 73.60 PCI.

8.2.7. Determinación del espesor de concreto.

A continuación, se muestra una imagen del programa al introducir las variables y obtener el resultado del espesor:

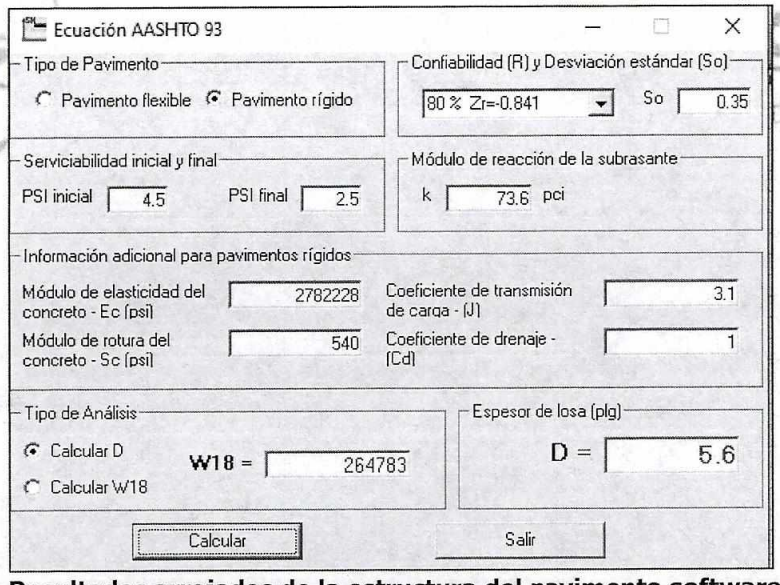


Tabla 20. Resultados arrojados de la estructura del pavimento software AASHTO. Fuente: Elaborada por la presente consultoría, con ayuda del software AASHTO.

A continuación, se resumen los resultados obtenidos:

Descripción de la vía	Espesor de sub-base (mm)	Espesor de losa (mm)	Módulo de rotura (Kg/cm²)
BARRIO LA FLORESTA	200	140	38

Tabla 21. Alternativa eficiente determinada por el método AASHTO.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

8.3. Estructura de pavimento.

Los métodos utilizados corresponden a la PCA y la AASHTO, ambos válidos, sin embargo, el valor obtenido por el método AASHTO no se considera viable al ser el espesor mínimo que recomienda el manual de diseño del INVIAS, por lo tanto, se tiene como estructura óptima la obtenida por la PCA, la cual se resume a continuación:

Descripción de la vía	Espesor de sub-base (mm)	Espesor losa (mm)	Módulo de rotura (Kg/cm²)
BARRIO LA FLORESTA	200	200	38.00

Tabla 22. Alternativa eficiente determinada por el método PCA.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

Se deben implementar las recomendaciones dadas en cuanto a la protección de la sub-base y el mejoramiento. La siguiente figura muestra la estructura de pavimento recomendada:

PABLO CASTILLA NEGRETE

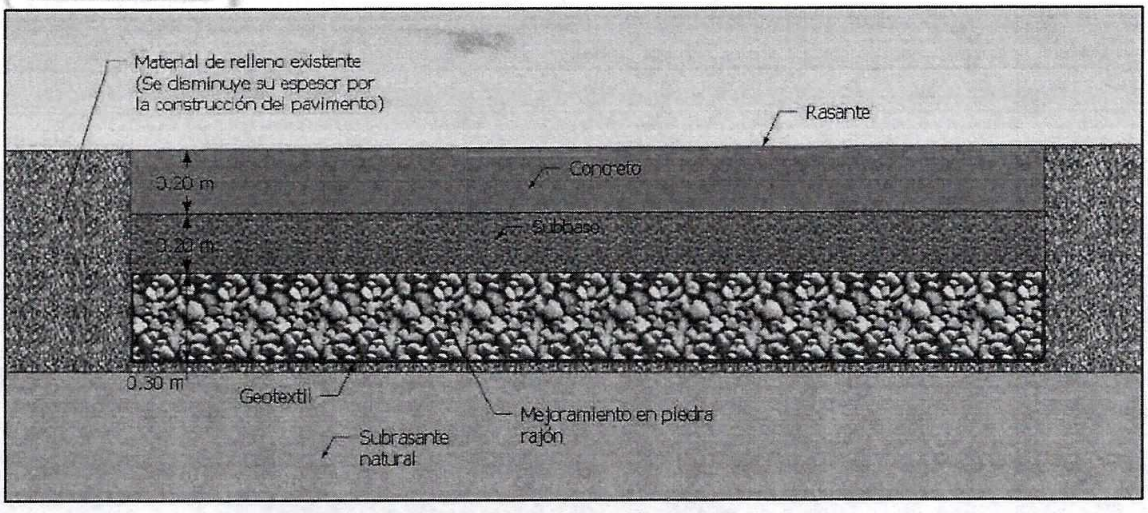


Figura 18. Estructura de pavimento propuesta.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría, con ayuda de la herramienta SketchUp.

8.4. Diseño de juntas.

A continuación, se muestran las recomendaciones de las barras de anclaje y pasadores de carga a utilizar, según el espesor de pavimento estimado:

Barras de anclaje				
fy (KSI)	**Espesor del pavimento (mm)**	**Longitud (cm)**	**Diámetro barras (pulg)**	**Separación entre barras según carril (cm)**
60	200	85	1/2	120

Tabla 23. Resumen características de las barras de anclaje.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

Pasadores de carga				
fy (KSI)	**Espesor del pavimento (mm)**	**Diámetro del pasador (pulg)**	**Longitud total (mm)**	**Separación entre centros (mm)**
60	200	1	350	300

Tabla 24. Resumen características de los pasadores de carga.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

9. CONCLUSIONES.

De acuerdo con el estudio se generan las siguientes conclusiones:

- Después de hacer una evaluación de la estructura del pavimento se tiene como espesores de diseño los mostrados en la siguiente figura:

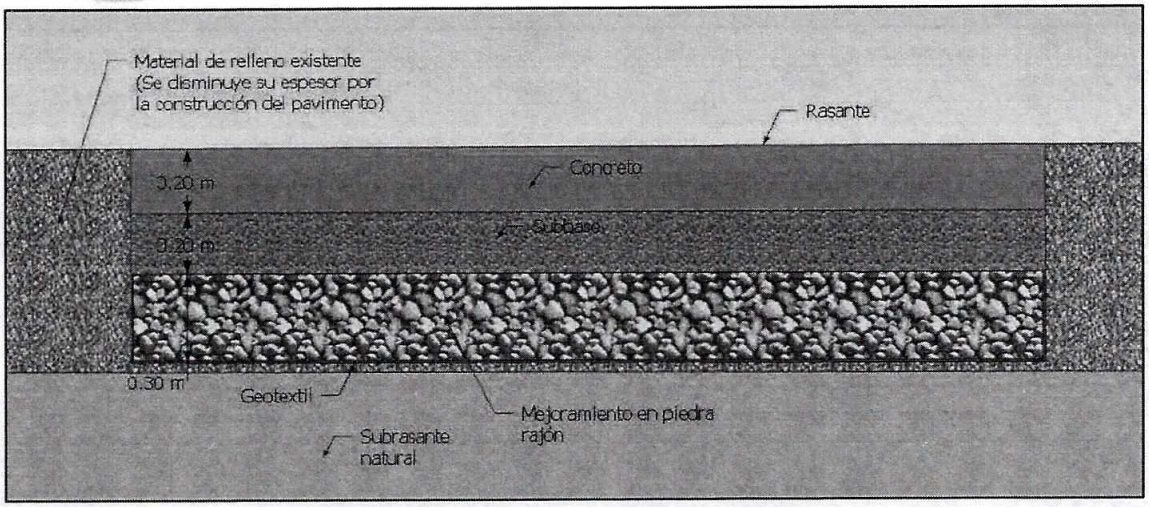


Figura 19. Estructura de pavimento propuesta.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría, con ayuda de la herramienta SketchUp.

- Para la modelación en el software PCA se tuvo en cuenta un módulo de rotura del concreto de 38 Kg/cm^2, el efecto combinado de la sub-base y la subrasante para el cálculo del módulo de reacción k, el factor de seguridad de carga y las repeticiones de carga esperadas.
- De acuerdo con el artículo 100 del INVIAS y el número de ejes equivalentes estimado en el estudio de transito realizado para el presente proyecto, se tiene que el nivel de transito clasifica como NT1, por lo que la subbase granular debe ser clase C.
- Las características de la mezcla recomendada para la subbase granular en el estudio geológico del presente proyecto, la clasifican como una subbase tipo A, lo cual excede el requerimiento para subbase del proyecto. En nuestra zona esto va en detrimento de las condiciones económicas del proyecto puesto que no contamos con una gran variedad ni con los equipos necesarios para fabricar a un costo diferencial subbases de tipo A, B y C. Las diferentes canteras y la metodología de extracción logran materiales casi que uniformes en sus condiciones geomecánicas. Teniendo en cuenta todo lo anterior, esta mezcla se utilizará indistintamente para cualquier requerimiento de subbase.

10. RECOMENDACIONES.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

De acuerdo con el estudio se generan las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda que el geotextil a utilizar sea no tejido (NT 2000) y cumpla con los requisitos dados en las tablas 231-1 y 231-2, esta información se encuentra consignada en el artículo 231 -13 del INVIAS.
- Los materiales de la zona son susceptibles de colapso, debido a esto se recomienda la utilización de geotextil para protección de la sub-base granular en la parte inferior y a los lados de la capa, sin embargo, se puede omitir su uso si la subbase granular cumple con los requisitos dados por el INVIAS en el artículo 320-13 y al realizar el ensayo de potencial de colapso INV E-157-13 este resulta sin ningún grado de colapso de acuerdo con la tabla 157-1.

Las recomendaciones hacen énfasis a la construcción del pavimento, en razón a que este elemento de la vía representa gran parte de la estabilidad del mismo, por lo tanto, debe hacerse con toda la técnica y personal especializado disponible:

- Antes de realizar los trabajos tendientes a la construcción del proyecto, se debe replantear el proyecto a partir de la cartera de localización y rasante, el eje de la

vía y sus bordes para determinar la congruencia de abscisas y cotas con los elementos adyacentes a la vía.

- Se recomienda hacer control estricto de la superficie o nivelación del material granular antes de instalar el concreto con equipo topográfico, con el fin de evitar dejar desniveles o depresiones que generen en el concreto esfuerzo de tensión inadmisible para el mismo.
- El comportamiento de una estructura de pavimento ante las solicitudes de carga es función de la calidad de cada uno de los materiales empleados en la construcción, por lo tanto, se debe verificar que cumplan con los requisitos dados por el INVIAS artículo 500-13, 320-13 y 300-13.
- Antes de instalar el concreto se recomienda la revisión del Módulo de Reacción K con el fin de verificar las hipótesis del diseño. Para tal fin se propone realizar ensayos de placa controlada.
- Se recomienda reforzar las losas irregulares (geometrías con diferencias superiores al 8% en su largo y ancho de la losa) con acero de refuerzo corrugado de ½" cada 0.20 m en ambas direcciones, ubicadas a 1/3 del espesor en la fibra superior e inferior, como medida de control de autofisuración del concreto. También, se recomienda el empleo de este refuerzo en las losas que hacen parte de zonas de paraderos, considerando los efectos de frenado y aceleración de los vehículos.

PABLO CASTILLA NEGRETE / Ambientales

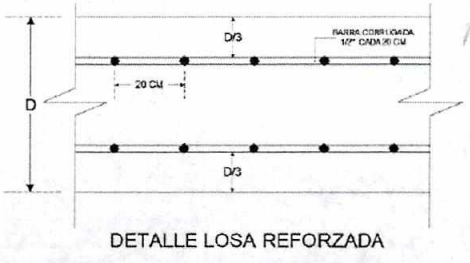


Figura 20. Detalle de las losas reforzadas.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

- Los pasadores se deben colocar en la mitad del espesor de las losas, paralelos entre sí, al eje longitudinal de la vía y a la superficie del pavimento, con una tolerancia medida en el extremo del pasador que no sobrepase los 10.00 mm respecto a la posición teórica. La manera más eficiente de lograr esto, es la de colocar los pasadores sobre unos soportes hechos con varillas, que quedan embebidos en el concreto.
- El concreto alrededor de los pasadores debe tener la misma compactación que en el resto del pavimento, para evitar la creación de zonas en las cuales la

resistencia a la tracción sea más baja y por ende se convierta en un área que se puede fisurar.

- Para la construcción de las juntas transversales, debe realizarse inicialmente un primer corte dentro del tiempo oportuno llamado "ventana de corte", de tal forma que se realice en el momento justo, ni antes, teniendo en cuenta que el concreto no soporte el peso de los equipos y se deforme, ni después que genere fisuración por retracción del concreto. Esta ventana de corte está sujeta a las condiciones climáticas, velocidad del viento, temperatura del concreto, etc. Es necesario llevar a cabo un tramo de prueba para definir el tiempo de la "ventana de corte" que puede estar entre 6 y 8 horas. Adicionalmente, se debe tener cuidado con la limpieza y adecuación de la junta y tipo de sello a colocar, son importantes para garantizar la vida útil del sello.
- Se recomienda el empleo de protectores de juntas o sellos temporales con el fin de evitar agrietamiento tipo desportillamientos en las juntas que, comúnmente se encuentran en los pavimentos recién construidos.
- Se recomienda dar servicio al tráfico hasta que el concreto alcance una resistencia superior al 100% de la de diseño.
- Se recomienda realizar mantenimiento rutinario y preventivo del pavimento para conservar la estructura hasta el periodo final del pavimento, tales como: sellos de juntas, limpieza, revisión de las obras de drenaje, etc.
- Al realizar la modulación de las losas de concreto hidráulico, con el fin de controlar los esfuerzos de alabeo por temperatura se recomienda limitar la esbeltez de la misma, es decir, la relación entre la longitud de la losa (Lx) y su ancho (Ly). Lo ideal es diseñar losas cuadradas, con una relación de esbeltez igual a 1.00, para losas rectangulares la relación de esbeltez debe ser menor a 1.25, según las recomendaciones de la AASHTO.

11. BIBLIOGRAFÍA.

Como parte de este estudio se utilizó la siguiente bibliografía:

- Instituto geográfico Agustín Codazzi, "Estudio general de suelos y zonificación de tierras – Departamento de Córdoba". Imprenta nacional de Colombia, Bogotá D.C. 2009.
- Plan de ordenamiento territorial del municipio de Montería córdoba.
- Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas G. "Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones". 8ª Edición.
- Braja M. Das, "Fundamentos de ingeniería de cimentaciones", Thomson Learning.
- MS-1. Asphalt Institute, Thickness Dessing, 1981.

- Juárez Badillo. E. y Rico, A. Mecánica de suelo, Tomo 1; Fundamentos de la mecánica de suelos, U.N.A.M, México, 1969, 3ª. Edición.
- Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS de 1998 y según el método AASHTO 2002.
- Metodología Portland Cement Association PCA 1984.
- Canadian Portland Cement Association. Thinckness Design for Concrete Hoghway and Street Pavements.
- Manual Pemex para diseño de pavimentos en concreto rígido. 2004.
- Instituto Colombiano de Productores de Cemento (I.C.P.C). Pavimentos de Concreto, Manual de Diseño, Piloto Ltda., Medellín, 1996.
- American Association of State of Highway and Transportation AASHTO. Guide for Design of Pavements Structures 1986. Washington: AASHTO 1986, P.V.
- Especificaciones técnicas del INVIAS 2013.

12. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

El presente documento se elabora en función de unas condiciones de tránsito adoptadas y consideraciones particulares de los suelos y capas existentes. Es indispensable que durante las obras se lleven a cabo los controles de calidad del caso, en cuanto a idoneidad de los materiales y garantizar los espesores del diseño. Cualquier cambio que se realice sin previo conocimiento por parte del consultor durante las obras no garantizará tales situaciones.

Pablo Castilla Negrete
Estudios Geotécnicos y Ambientales

En los casos en que las verificaciones durante la etapa de obra arrojen la conclusión de que los supuestos de diseño se han alterado, deberá llevarse a cabo el correspondiente proceso de ajuste de los diseños, de modo que éstos se validen.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Ingeniero Civil
Especialista en mecánica de suelos y cimentaciones.
Especialista en ingeniería ambiental.
Especialista en Prevención, atención y reducción de desastres.
Especialista en gerencia para ingenieros.
M.P. 1320251172BLV
Montería, diciembre de 2021.

ANEXO 1
ENSAYOS DE ÍNDICE DE COLAPSO

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S.

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE COLAPSO DE UN SUELO PARCIALMENTE SATURADO

V1

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO
CONTRATISTA:	MUNICIPIO DE MONTERÍA
CANTERA:	AGREGAR S.A.S

NORMA INVIAS E -157 -07

DATOS DEL ANILLO			CONTENIDO DE AGUA	ANTES DEL ENSAYO	DESPUES DEL ENSAYO	PARAMETROS DEL ENSAYO		INICIAL	FINAL
						PESO UNITARIO SECO MAXIMO	gr/cm3	1.89	
DIAMETRO	50	mm	PESO ANILLO Y SUELO HUMEDO (g)	210.60	214.8	HUMEDAD OPTIMA	%	18.6	
			PESO ANILLO Y SUELO SECO (g)	191.36	202.9	90% DEL PESO UNITARIO SECO MAXIMO	gr/cm3	1.322	1.822
AREA	1963.5	mm2	PESO ANILLO (g)	124.2	124.2	GRAVEDAD ESPECIFICA (Gs)		2.65	
			PESO DEL SUELO (g)	67.16	78.7	ALTURA DE SOLIDOS hs	cm	1.513	
ALTURA Ho	22.000	mm	CONTENIDO DE AGUA %	28.65	15.1	VOLUMEN DE SOLIDOS Vs	cm3	25.343	
VOLUMEN TOTAL	43196.9	mm3	SATURACIÓN %	167.0	103.3	VOLUMEN DE VACIOS Vv	cm3	11.52	

APLICACIÓN DE PRESIONES

PRESIONES APLICADAS (Kpa)	LECTURA DEL DIAL DE DEFORMACIÓN		DEFORMACIÓN	ALTURA INICIAL DE LA MUESTRA	ALTURA FINAL DE LA MUESTRA Hf	ALTURA DE VACIOS Hv´=Hf-Hs	DEFORMACION %	df-di	Δh
	INICIAL d	FINAL do							
5.0	0.00000	0.00000	0.00000	22.00000	22.00000	0.68749	0.00000		
12.7	0.00000	0.02921	0.02921	22.00000	21.97079	0.68457	0.00133		
25.5	0.02921	0.05842	0.02921	21.97079	21.94158	0.68165	0.00266		
51.0	0.05842	0.12065	0.06223	21.94158	21.87935	0.67542	0.00548		
101.9	0.12065	0.29464	0.17399	21.87935	21.70536	0.65802	0.01339		
204.0	0.29464	0.45974	0.16510	21.70536	21.54026	0.64151	0.02090		
INUNDACIÓN DE LA MUESTRA								0.68326	0.68326
204.0	0.45974	1.14300	0.68326	21.54026	20.85700	0.57319	0.05195		
407.6	0.68580	0.76708	0.08128	20.85700	20.77572	0.56506	0.03487		
815.2	0.00000	0.00000	0.00000	20.77572	20.77572	0.56506	0.00000		
						Ie=	(df-di)/Ho	0.03106	
						Ie=	Δh/Ho		0.03106

Ing. Civil NATHALIA HERNANDEZ
M.P. 22202166765COR

Ing. Geotecnista PABLO CASTILLA NEGRETE
M.P. 13202[illegible]172BLV

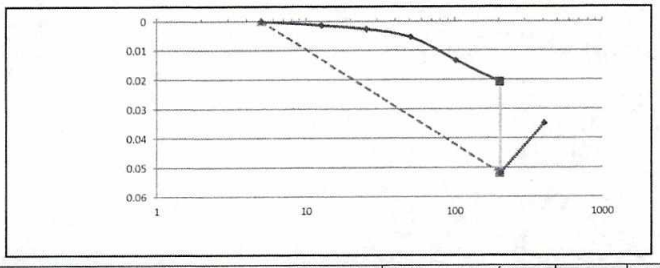
PROHIBIDA LA REPRODUCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE ESTE LABORATORIO

770

Consultorías Geotécnica y Ambiental S.A.S	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE COLAPSO DE UN SUELO PARCIALMENTE SATURADO	V1
	PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO
	CONTRATISTA:	MUNICIPIO DE MONTERÍA
	CANTERA:	AGREGAR S.A.S

NORMA INVIAS E -157 -07

TIEMPO EN MINUTOS	LECTURA DEL DIAL DE DEFORMACIÓN								
	INCREMENTOS DE PRESIÓN (Kpa)								
	0.0-5	5-12	12-25	25-51	51-102	102-203	102-203	203-407	407-814
0.1	0.00000	0.00000	0.02921	0.05842	0.12065	0.29464	0.48260	0.68580	0.00000
0.25							0.49784	0.69342	0.00000
0.5							0.50800	0.69850	0.00000
1							0.52070	0.70612	0.00000
2							0.53594	0.71120	0.00000
4							0.54610	0.71501	0.00000
8							0.54991	0.72009	0.00000
15	0.00000	0.02286	0.05080	0.11176	0.25908	0.43688	0.55372	0.72390	0.00000
30	0.00000	0.02540	0.05461	0.11684	0.27178	0.44450	0.55880	0.72898	0.00000
60	0.00000	0.02921	0.05842	0.12065	0.29464	0.45974	0.56388	0.73914	0.00000
120							0.56896	0.74295	0.00000
240							0.57531	0.74930	0.00000
480							0.76200	0.75565	0.00000
1440							1.14300	0.76708	0.00000



NOMBRE DEL ENSAYO		ESPECIFICACIÓN (ART. 220 TABLA 220.1)	RESULTADO	CUMPLE - NO CUMPLE
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE COLAPSO DE UN SUELO PARCIALMENTE SATURADO Ie	SUELO ADECUADO	≤ 2 %	3.11%	NO CUMPLE

Ing. Civil NATHALIA HERNANDEZ
M.P. 222021667650COR

Ing. Geotecnista PABLO CASTILLA NEGRETE
M.P. 1320211172BLV

PROHIBIDA LA REPRODUCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE ESTE LABORATORIO

Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S.

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE COLAPSO DE UN SUELO PARCIALMENTE SATURADO

V1

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO
CONTRATISTA:	MUNICIPIO DE MONTERÍA
CANTERA:	LOMA GRANDE

NORMA INVIAS E -157 -13

DATOS DEL ANILLO			CONTENIDO DE AGUA	ANTES DEL ENSAYO	DESPUES DEL ENSAYO	PARAMETROS DEL ENSAYO		INICIAL	FINAL
						PESO UNITARIO SECO MAXIMO	gr/cm3	1.97	
DIAMETRO	50.48	mm	PESO ANILLO Y SUELO HUMEDO (g)	196.21	205.5	HUMEDAD OPTIMA	%	12	
			PESO ANILLO Y SUELO SECO (g)	187.87	196.77	90% DEL PESO UNITARIO SECO MAXIMO	gr/cm3	1.567	1.787
AREA	2001.4	mm2	PESO ANILLO (g)	124.46	124.46	GRAVEDAD ESPECIFICA (Gs)		3.082	
			PESO DEL SUELO (g)	63.41	72.31	ALTURA DE SOLIDOS hs	cm	1.172	
ALTURA Ho	20.220	mm	CONTENIDO DE AGUA %	13.15	12.1	VOLUMEN DE SOLIDOS Vs	cm3	20.574	
VOLUMEN TOTAL	40467.8	mm3	SATURACIÓN %	55.9	58.5	VOLUMEN DE VACIOS Vv	cm3	14.91	

APLICACIÓN DE PRESIONES

PRESIONES APLICADAS (Kpa)	LECTURA DEL DIAL DE DEFORMACIÓN		DEFORMACIÓN	ALTURA INICIAL DE LA MUESTRA	ALTURA FINAL DE LA MUESTRA Hf	ALTURA DE VACIOS Hv´=Hf-Hs	DEFORMACION %	df-di	Δh
	INICIAL d	FINAL do							
5.0	0.00000	0.00000	0.00000	20.22000	20.22000	0.84970	0.00000		
12.7	0.00000	0.00254	0.00254	20.22000	20.21746	0.84945	0.00013		
25.5	0.00254	0.00508	0.00254	20.21746	20.21492	0.84920	0.00025		
51.0	0.00508	0.16256	0.15748	20.21492	20.05744	0.83345	0.00804		
101.9	0.16256	0.44450	0.28194	20.05744	19.77550	0.80525	0.02198		
204.0	0.44450	0.63500	0.19050	19.77550	19.58500	0.78620	0.03140		
INUNDACIÓN DE LA MUESTRA								0.63500	0.63500
204.0	0.63500	1.27000	0.63500	19.58500	18.95000	0.72270	0.06281		
407.6	1.95072	2.49174	0.54102	18.95000	18.40898	0.66860	0.12323		
815.2	0.00000	0.00000	0.00000	18.40898	18.40898	0.66860	0.00000		
						Ie=	(df-di)/Ho	0.03140	
						Ie=	Δh/Ho		0.03140

Ing. Civil NATHALIA HERNANDEZ
M.P. 22202166765COR

Ing. Geotecnista PABLO CASTILLA NEGRETE
M.P. 1320251172BLV

PROHIBIDA LA REPRODUCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE ESTE LABORATORIO

Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S.

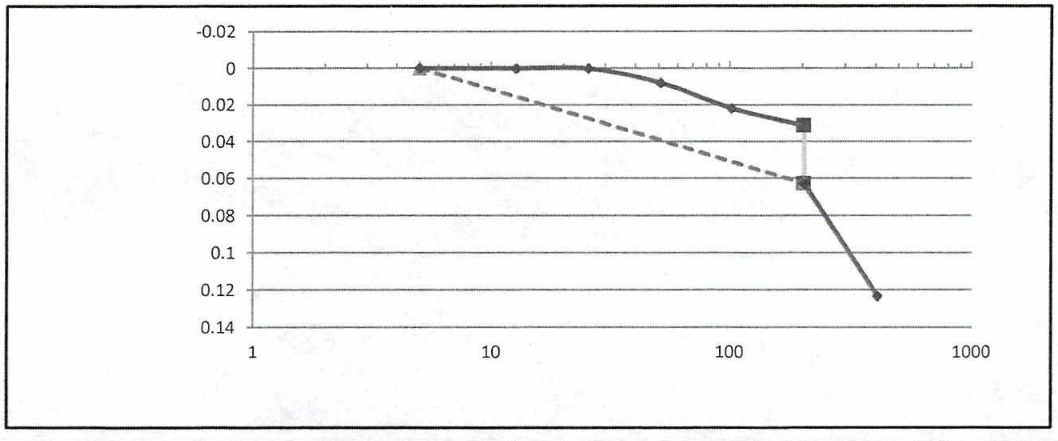
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE COLAPSO DE UN SUELO PARCIALMENTE SATURADO

V1

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO
CONTRATISTA:	MUNICIPIO DE MONTERÍA
CANTERA:	LOMA GRANDE

NORMA INVIAS E -157 -07

TIEMPO EN MINUTOS	LECTURA DEL DIAL DE DEFORMACIÓN								
	INCREMENTOS DE PRESIÓN (Kpa)								
	0.0-5	5-12	12-25	25-51	51-102	102-203	102-203	203-407	407-814
0.1	0.00000	0.00000	0.00254	0.00508	0.16256	0.44450	0.79085	1.95072	0.00000
0.25							0.83068	1.96088	0.00000
0.5							0.81280	1.98120	0.00000
1							0.95504	1.99644	0.00000
2							0.98806	2.01168	0.00000
4							1.00584	2.02438	0.00000
8							1.01854	2.03962	0.00000
15	0.00000	0.00127	0.00381	0.14224	0.42672	0.61468	1.02870	2.04978	0.00000
30	0.00000	0.00254	0.00381	0.15240	0.43688	0.62738	1.03886	2.06248	0.00000
60	0.00000	0.00254	0.00508	0.16256	0.44450	0.63500	1.04902	2.07518	0.00000
120							1.06172	2.09042	0.00000
240							1.07442	2.10312	0.00000
480							1.09220	2.11836	0.00000
1440							1.27000	2.49174	0.00000



NOMBRE DEL ENSAYO		ESPECIFICACIÓN (ART. 220 TABLA 220.1)	RESULTADO	CUMPLE - NO CUMPLE
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE COLAPSO DE UN SUELO PARCIALMENTE SATURADO Ie	SUELO ADECUADO	≤ 2 %	3.140%	NO CUMPLE

Ing. Civil NATHALIA HERNANDEZ
M.P. 22202166765COR

Ing. Geotecnista PABLO CASTILLA NEGRETE
M.P. 1320251172BLV

PROHIBIDA LA REPRODUCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE ESTE LABORATORIO

CONVIAL | IAS ACCREDITED STAREGISTER | MJS | Ingeniería Vial

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA
NIT 901847594-7

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL A REALIZAR POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. CMA-SIM-017-2024

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA

INFORME ESTUDIO DE TRANSITO

GRUPO PROYECTO 1C

Versión 1

NOVIEMBRE DE 2024

BOGOTÁ D.C.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

CONVIAL | IAS ACCREDITED STAREGISTER | MJS | Ingeniería Vial

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA
NIT 901847594-7

CONTROL DE VERSIONES

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE MODIFICACIÓN	FOLIOS
Versión 1	Noviembre - 2024	Versión Inicial	72

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA		
Elaboró	**Revisó**	**Aprobó**
Ing. Jorge Antonio González Ayus	Ing. Jorge Antonio González Ayus	Ing. Manuel José Meza Soto
Especialista	Especialista	Director

SUPERVISION / INTERVENTORÍA
Revisó
Ing. Ingrid Sofia Morales Ávila
Alcaldía de Montería Gerente de Proyectos

Contenido

Introducción 7
1 Objetivos 8
1.1 Objetivo general 8
1.2 Objetivos específicos 8
2 Antecedentes 9
2.1 Localización del proyecto 9
Figura 1. Imagen satelital del sector 9
2.2 Descripción del proyecto 9
Tabla 1. Características de la vía a pavimentar 9
Figura 2. Movilidad y accesibilidad de un sistema vial urbano. 10
3 Marco de referencia 11
3.1 Variable tránsito 11
Figura 3. Categorización de camiones 11
3.2 Tránsito promedio diario, TPD 11
3.3 Estimación del tránsito inicial 11
3.4 Factor carril [Fca] 12
3.5 Factor de proyección [Fd] 13
3.6 Modelo de repeticiones esperadas 13
4 Metodología 15
4.1 Trabajo de campo 15
4.2 Análisis de ingeniería 15
5 Resultados 16
5.1 Ubicación de las estaciones de conteo 16
5.2 Aforos vehiculares 16
5.2.1 Barrios Caribe y Villa Caribe 16
5.2.2 Barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso 39
6 Conclusiones 71
7 Limitaciones del estudio 71
Bibliografía 72

Índice de tablas

Tabla 1. Características de la vía a pavimentar 9
Tabla 2. Estimación del factor carril 13
Tabla 3. Resumen de aforo vehicular realizado en la Cra 44 entre las calles 25 y 30. 16
Tabla 4. Resumen de aforo vehicular realizado en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44. 17
Tabla 5. Resumen de aforo vehicular realizado en la Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25. 17
Tabla 6. Resumen de aforo vehicular realizado en la Calle 24 entre las Cras 42a y 42b. 18
Tabla 7. Composición vehicular en la Cra 44 entre las calles 25 y 30. 19
Tabla 8. Composición vehicular en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44. 20
Tabla 9. Composición vehicular en la Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25. 21
Tabla 10. Composición vehicular en la Calle 24 entre las Cras 42a y 42b. 22
Tabla 12. Demanda máxima en la Cra 44 entre las calles 25 y 30. 26
Tabla 13. Volumen horario máximo en la Cra 44 entre las calles 25 y 30. 27
Tabla 14. Demanda máxima en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44. 28
Tabla 14. Volumen horario máximo en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44. 29
Tabla 15. Demanda máxima en la Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25. 29
Tabla 17. Volumen horario máximo en la Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25. 30
Tabla 17. Demanda máxima en la Calle 24 entre las Cras 42a y 42b. 31
Tabla 18. Volumen horario máximo en la Calle 24 entre las Cras 42a y 42b. 32
Tabla 19. Tránsito inicial en la Cra 44 entre las calles 25 y 30. 33
Tabla 20. Número de ejes equivalentes según PCA en la Cra 44 entre las calles 25 y 30. 33
Tabla 21. Tránsito inicial en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44. 34
Tabla 22. Número de ejes equivalentes según PCA en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44. 35
Tabla 23. Tránsito inicial en la Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25. 36
Tabla 24. Número de ejes equivalentes según PCA en la Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25. 36
Tabla 25. Tránsito inicial en la Calle 24 entre las Cras 42a y 42b. 37
Tabla 26. Número de ejes equivalentes según PCA en la Calle 24 entre las Cras 42a y 42b. 38
Tabla 27. Resumen de aforo vehicular realizado en la Calle 4A entre carrera 25C y carrera 28. 39
Tabla 28. Resumen de aforo vehicular realizado en la Cra 25c entre las diagonales 10 y 11 39
Tabla 29. Resumen de aforo vehicular realizado en la Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c. 40
Tabla 30. Resumen de aforo vehicular realizado en la Diagonal 1B entre carrera 17 y transversal 14. 40
Tabla 31. Resumen de aforo vehicular realizado en la Transversal 14 entre diagonal 1B y diagonal 2E. 41
Tabla 32. Resumen de aforo vehicular realizado en la Diagonal 2 entre la transversal 9 y la transversal 14. . 41
Tabla 33. Composición vehicular en la Calle 4A entre carrera 25C y carrera 28. 42
Tabla 34. Composición vehicular en la Cra 25c entre las diagonales 10 y 11. 43
Tabla 35. Composición vehicular en la Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c. 44
Tabla 36. Composición vehicular en la Diagonal 1B entre carrera 17 y transversal 14. 45
Tabla 37. Composición vehicular en la Transversal 14 entre diagonal 1B y diagonal 2E. 45
Tabla 38. Composición vehicular en la Diagonal 2 entre la transversal 9 y la transversal 14. 46
Tabla 44. Demanda máxima en la Calle 4a entre las Cras 25c y 28. 52
Tabla 40. Volumen horario máximo en la Calle 4a entre las Cras 25c y 28. 53
Tabla 41. Demanda máxima en la Carrera 25C entre diagonales 10 y 11. 54
Tabla 42. Volumen horario máximo en la Carrera 25C entre diagonales 10 y 11. 55
Tabla 43. Demanda máxima en la Carrera 25C entre diagonales 10 y 11. 55

Tabla 44. Volumen horario máximo en la Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c. 56
Tabla 45. Demanda máxima en la Diagonal 1B entre carrera 17 y transversal 14. 57
Tabla 46. Volumen horario máximo en la Diagonal 1B entre carrera 17 y transversal 14. 58
Tabla 47. Demanda máxima en la Transversal 14 entre diagonal 1B y diagonal 2E. 58
Tabla 48. Volumen horario máximo en la Transversal 14 entre diagonal 1B y diagonal 2E. 59
Tabla 49. Demanda máxima en la Diagonal 2 entre la transversal 9 y la transversal 14. 60
Tabla 50. Volumen horario máximo en la Diagonal 2 entre la transversal 9 y la transversal 14. 61
Tabla 51. Tránsito inicial en la Calle 4a entre las Cras 25c y 28. 61
Tabla 52. Número de ejes equivalentes según PCA en la Calle 4a entre las Cras 25c y 28. 62
Tabla 53. Tránsito inicial en la Carrera 25C entre diagonales 10 y 11. 63
Tabla 54. Número de ejes equivalentes según PCA en la Carrera 25C entre diagonales 10 y 11. 63
Tabla 55. Tránsito inicial en la Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c. 64
Tabla 56. Número de ejes equivalentes según PCA en la Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c. 65
Tabla 57. Tránsito inicial en la Diagonal 1B entre carrera 17 y transversal 14. 66
Tabla 58. Número de ejes equivalentes según PCA en la Diagonal 1B entre carrera 17 y transversal 14. 66
Tabla 59. Tránsito inicial en la Transversal 14 entre diagonal 1B y diagonal 2E. 67
Tabla 60. Número de ejes equivalentes según PCA en la Transversal 14 entre diagonal 1B y diagonal 2E. .. 68
Tabla 61. Tránsito inicial en la Diagonal 2 entre la transversal 9 y la transversal 14. 69
Tabla 62. Número de ejes equivalentes según PCA en la Diagonal 2 entre la transversal 9 y la transversal 14. 69

Índice de figuras

Figura 1. Imagen satelital del sector 9
Figura 2. Movilidad y accesibilidad de un sistema vial urbano. 10
Figura 3. Categorización de camiones 11

Introducción

En el presente informe se exponen los resultados de los conteos vehiculares desarrollados en el mes de agosto del año 2024 en los tramos viales donde se proyecta la construcción de pavimento en concreto rígido de 2.50 km de vías urbanas distribuidos en dos (2) barrios de la comuna 6 y cuatro (4) barrios de la comuna 4 en el municipio de Montería, departamento de Córdoba. Con base en la información registrada en el aforo, se elaboró la distribución porcentual de los vehículos que circularon en el periodo de observación del sitio. Seguidamente se realizó un análisis de ingeniería que arrojó el número de ejes simples equivalentes de 8.2 t en el año base y la proyección de estos en el periodo de diseño.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

- Determinar el número de ejes simples equivalentes de 8.2 t acumulados y el espectro de cargas para un periodo de diseño de 20 años, en los tramos viales ubicado en vías de barrios pertenecientes a las comunas 6 y 4, donde se proyecta la construcción de pavimento en concreto rígido, en el municipio de Montería, departamento de Córdoba.

1.2 Objetivos específicos

- Adelantar conteos de tránsito para definir el tránsito de diseño expresado en términos de ejes equivalentes de 8.2 ton y espectro de cargas teniendo en cuenta los pesos máximos por tipo de eje de acuerdo con Artículo 4.3.3.8. Peso bruto vehicular de la RESOLUCIÓN NÚMERO 20223040045295 de 04-08-2022 "Por medio del cual se expide la Resolución Única Compilatoria en materia de Tránsito del Ministerio de Transporte".

- Determinar la distribución porcentual de vehículos livianos y comerciales en los tramos viales ubicado en vías de barrios pertenecientes a las comunas 6 y 4

2 Antecedentes

2.1 *Localización del proyecto*

El proyecto se encuentra localizado en los barrios Caribe y Villa Caribe pertenecientes a la comuna 6 y los barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso pertenecientes a la comuna 4, zona urbana del municipio de Montería, Departamento de Córdoba:

Figura 1. Imagen satelital del sector



Fuente: Google (2024) Montería, Córdoba, Colombia]. Google Earth. https://www.googleearth.com.

2.2 *Descripción del proyecto*

El proyecto consiste en la construcción de pavimento rígido en concreto hidráulico en aproximadamente 2.50 km de vías urbanas, distribuidos en barrios de la comuna 6 y 4, como se muestra en la tabla 1. La anterior descripción se realiza con base en la información suministrada por el solicitante y la visita de campo.

Tabla 1. Características de la vía a pavimentar

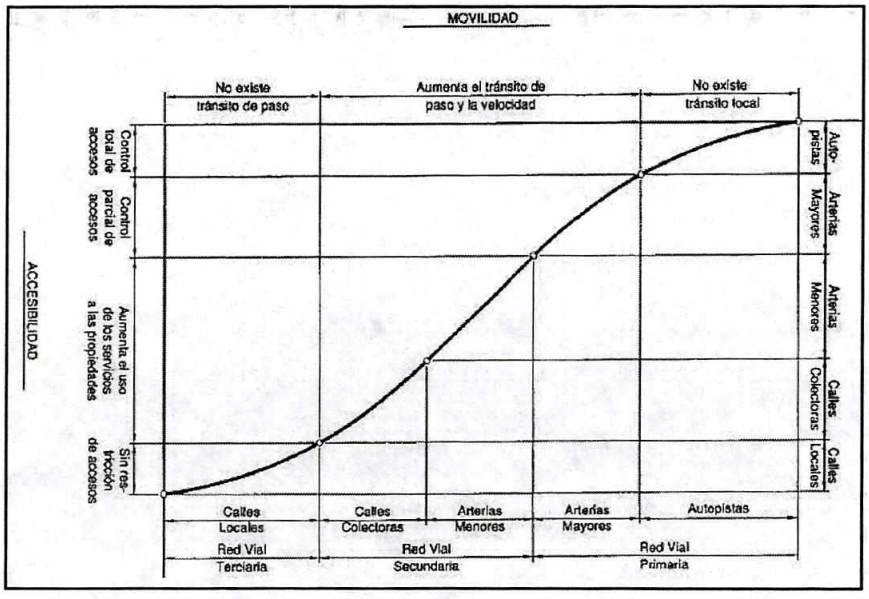
Comuna	Barrios	Longitud del tramo (km)	Dirección
6	Caribe, Villa Caribe	0,834	Cra 44 entre las calles 25 y 30
			Calle 25 entre las cras 41 y 44
			Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25
			Calle 24 entre las cras 42a y 42b
4		1,665	Calle 4a entre las cras 25c y 28

	El Prado, Galilea, Mogambo, El Paraiso		Cras 25c entre las diagonales 10 y 11
			Diagonal 10 entre las cras 17 y 25c
			Diagonal 1b entre la cras 17 y transversal 14
			Transversal 14 entre las diagonales 1b y 2e
			Diagonal 2 entre las transversales 9 y 14

Como característica principal se evidencia la circulación en una calzada, con un carril en cada sentido, con un ancho variable según la geometría establecida por el trazado actual. Así mismo, la vía actualmente presenta una topografía variable, su estructura existente corresponde a una vía en afirmado, esta se encuentra en condiciones regulares, ya que presenta deterioro en un alto porcentaje de la longitud proyectada para la intervención.

Las vías urbanas se jerarquizan según su función en autopistas, arterias, colectoras y de servicio.

Figura 2. Movilidad y accesibilidad de un sistema vial urbano.



Fuente: Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas G. "Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones". 8ª Edición.

Según la ubicación e importancia de las vías donde se va a realizar el proyecto estas se denominan vías terciarias locales.

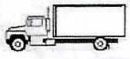
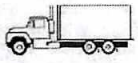
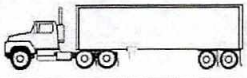
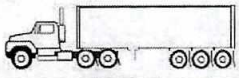
3 Marco de referencia

3.1 Variable tránsito

Una de las variables de mayor importancia en el diseño de estructuras de pavimento es el tránsito, el cual, se categoriza en vehículos livianos (autos) y vehículos comerciales (buses y camiones), siendo los vehículos comerciales los que generan los deterioros de la vida útil del pavimento durante el periodo de diseño. Por lo anteriormente expuesto se hace necesario estimar la cantidad de vehículos comerciales que transitan actualmente en la zona del proyecto, así mismo, estimar el crecimiento de la circulación de vehículos una vez el tramo vial a intervenir entre en funcionamiento y de esta manera proyectar la circulación durante el periodo de diseño de la estructura de pavimento.

Para el análisis de la variable transito se desarrollan conteos vehiculares en la zona de influencia del proyecto, para lo cual se categorizaron en autos y vehículos comerciales, a su vez estos últimos se subdividieron en buses y camiones. Para la categorización de camiones se adopta la clasificación propuesta por el INVIAS, la cual se muestra a continuación:

Figura 3. Categorización de camiones

Designación	Configuración	Descripción
2		Camión de dos ejes Camión sencillo
3		Camión de tres ejes Dobletroque
3S2		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes
3S3		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes

Fuente: (INVIAS, 2008)

3.2 Tránsito promedio diario, TPD

Los conteos vehiculares se realizan durante un periodo de tiempo establecido, se registran todos los vehículos que pasan por una sección de la vía (todos los carriles y ambas direcciones), luego se saca un promedio diario, para de esta manera obtener el valor de tránsito promedio diario [TPD]. A partir de la información de los conteos se determina el porcentaje de vehículos livianos (autos) y vehículos comerciales (buses y camiones). Los conteos pueden ser semanales, mensuales e inclusive anuales, en ese caso a la sigla TPD se le incluye el subíndice "s", "m", o, "a" según sea el caso.

3.3 Estimación del tránsito inicial

El tránsito en el año cero o inicial (Ti) se estima como la suma del tránsito existente (TE), el atraído (Tat), tránsito generado (TG), el tránsito desarrollado (TD) y el crecimiento normal de tránsito (CNT)

$$T_i = TE + Tat + TG \quad (1)$$

Dónde:

TE: corresponde al TPD resultante de los aforos
Tat: tránsito atraído
TG: tránsito generado

El tránsito existente (TE) se puede determinar a partir de aforos vehiculares sobre el tramo vial a intervenir.

Para la estimación del tránsito atraído (Tat) se debe contar con un amplio conocimiento de la zona de influencia del proyecto en términos de capacidad y de volumen de las vías existentes, así mismo, de las condiciones de origen y destino, ya que la atracción o desvió de una fracción del tránsito de rutas alternas hacia el tramo vial a intervenir se dará por la mejora de las condiciones de servicio.

El crecimiento normal del tránsito es el incremento del volumen de tránsito debido al aumento normal en el uso de los vehículos.

El tránsito generado (TG) constituye los recorridos vehiculares, diferentes a los desarrollados a través del transporte público, que no se realizarían ante la intervención del tramo vial en estudio. El transito generado se puede categorizar en tránsito 1inducido, tránsito convertido y tránsito trasladado. Al tránsito generado se le asignan tasas de incremento entre el 5% y el 25% del tránsito actual, con un período de generación de uno o dos años después de que la carretera se abre al servicio.

3.4 Factor carril [Fca]

Para la caracterización de la variable transito empleada en el método de diseño de pavimento rígido propuesto por Portland Cement Association - PCA (1984) se realiza la cuantificación a través de espectros de carga o del número de ejes pesados o comerciales de determinada carga y configuración. Dentro del procedimiento que realiza para la obtención del número de ejes esperados que circulen en el carril de diseño durante el periodo de diseño se requiere el valor del factor carril [Fca], este parámetro corresponde a la distribución de camiones entre los carriles con el mismo sentido. En carreteras de dos carriles, con un carril por sentido, el valor del factor de distribución direccional es de 1, mientras que para carreteras de dos sentidos, con múltiples carriles por sentido, los valores del factor de distribución por carril (Fca) adoptados son los recomendados por la guía del National Cooperative Higway Research Program (NCHRP), y que se muestran en la tabla 2:

Tabla 2. Estimación del factor carril

Número Total de carriles en cada sentido	Factor de distribución para el carril de diseño (Fca.)
1	1.00
2	0.90
3	0.60
4 o más	0.45

Fuente: ARA, 2004

3.5 Factor de proyección [Fd]

Dentro del procedimiento que realiza para la obtención del número de ejes esperados que circulen en el carril de diseño durante el periodo de diseño se requiere el valor del factor dirección [Fd], este 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.

El uso de este factor es fundamental para la caracterización de la variable transito utilizada en el método de diseño de pavimento rígido propuesto por la PCA.

3.6 Modelo de repeticiones esperadas.

Para la estimación del volumen ya sea de vehículos o ejes que circularan por el tramo vial a intervenir durante el periodo de diseño, bastará con determinar la composición vehicular en términos porcentuales y a partir de esta determinar la fracción de cada tipo de vehículo comercial.

El número de ejes equivalentes se determina de la siguiente manera:

$$N_{ejes} = 365 * Fca * Fd * \sum (TPD_i * FEC_i) \quad (2)$$

Donde:

Fca: factor carril
Fd: factor de proyección
TPDi: Tránsito promedio diario para cada vehículo en el periodo de diseño

FECi: Factor de equivalencia de carga de cada vehículo
365: número de días de un año

4 Metodología

Con el objeto de dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados, el presente informe se fraccionó en tres etapas, las cuales se describen a continuación:

4.1 Trabajo de campo

Para la correcta caracterización vehicular del sitio donde se proyecta la construcción de una estructura de pavimento tipo rígido se proponen las siguientes actividades metodológicas en campo:

- Ubicación de las estaciones de conteo
- Aforos vehiculares.
- Observaciones puntuales del sitio

4.2 Análisis de ingeniería

En esta etapa se realiza la tabulación y sistematización de la información recolectada a través de los formatos de conteo. Lo anterior tiene como propósito determinar la distribución vehicular porcentual vehicular en la zona de estudio y la estimación del TPD en el periodo de observación, lo cual, se puede alcanzar mediante las siguientes actividades metodológicas:

- Construcción de la composición vehicular.
- Evaluación de la variación horaria del volumen de tránsito.
- Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.
- Determinación de TPD en el año base
- Determinación del espectro de carga
- Evaluación del número de repeticiones de ejes simples, tándem y trídem en el carril de diseño durante el periodo de diseño.

5 Resultados

5.1 Ubicación de las estaciones de conteo

El desarrollo de la actividad de conteo vehicular se ubicó sobre las vías locales a pavimentar.

5.2 Aforos vehiculares

Para la obtención de la información requerida con el objeto de cuantificar el tránsito existente de las vías se realizaron aforos vehiculares en un periodo de tres (3) días, los cuales se desarrollaron durante los días 26, 27 y 31 de agosto del año 2024. (Ver anexo, tabla de aforos)

Los registros se desarrollaron desde las 6:00 am hasta las 6:00 pm y los volúmenes se tomaron en períodos de 15 minutos durante las horas de aforo, discriminados en autos, buses y camiones. (También se referenciaron las motos, pero no son tenidas en cuenta para el cálculo del TPDs).

5.2.1 *Barrios Caribe y Villa Caribe*

A continuación, se muestra el resumen de los resultados en los aforos vehiculares en los barrios Caribe y Villa Caribe. Anexo al presente informe se encuentra los formatos de campo diligenciados.

Tabla 3. Resumen de aforo vehicular realizado en la Cra 44 entre las calles 25 y 30.

TIPO DE VEHICULO	VOLUMEN			PROMEDIO
	26/08/2024	27/08/2024	31/08/2024	
AUTOMOVIL	38	35	32	35
BUS	0	0	0	0
C2P	43	46	45	45
C2G	12	12	12	12
C-3	3	5	4	4
C2-S2	0	0	0	0
C3-S2	2	0	2	2
C3-S3	0	0	0	0
MOTOS	0	0	0	0
TOTAL	**98**	**98**	**95**	**98**

Luego tenemos:
TPDs= 98 veh/día.

Tabla 4. Resumen de aforo vehicular realizado en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44.

TIPO DE VEHICULO	VOLUMEN			PROMEDIO
	26/08/2024	27/08/2024	31/08/2024	
AUTOMOVIL	55	56	56	56
BUS	0	0	0	0
C2P	10	10	10	10
C2G	6	6	6	6
C-3	2	2	2	2
C2-S2	0	0	0	0
C3-S2	0	0	0	0
C3-S3	0	0	0	0
TOTAL	**73**	**74**	**74**	**74**

Luego tenemos:
TPDs= 74 veh/día.

Tabla 5. Resumen de aforo vehicular realizado en la Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25.

TIPO DE VEHICULO	VOLUMEN			PROMEDIO
	26/08/2024	27/08/2024	31/08/2024	
AUTOMOVIL	25	25	24	25
BUS	0	0	0	0
C2P	5	5	5	5
C2G	6	6	6	6
C-3	0	0	0	0
C2-S2	0	0	0	0
C3-S2	0	0	0	0
C3-S3	0	0	0	0
TOTAL	**36**	**36**	**35**	**36**

Luego tenemos:
TPDs= 36 veh/día.

Tabla 6. Resumen de aforo vehicular realizado en la Calle 24 entre las Cras 42a y 42b

TIPO DE VEHICULO	VOLUMEN			PROMEDIO
	26/08/2024	27/08/2024	31/08/2024	
AUTOMOVIL	60	59	61	60
BUS	0	0	0	0
C2P	8	8	6	8
C2G	8	7	7	8
C-3	1	1	1	1
C2-S2	0	0	0	0
C3-S2	0	0	0	0
C3-S3	0	0	0	0
MOTOS	0	0	0	0
TOTAL	**77**	**75**	**75**	**77**

Luego tenemos:
TPDs= 77 veh/día.

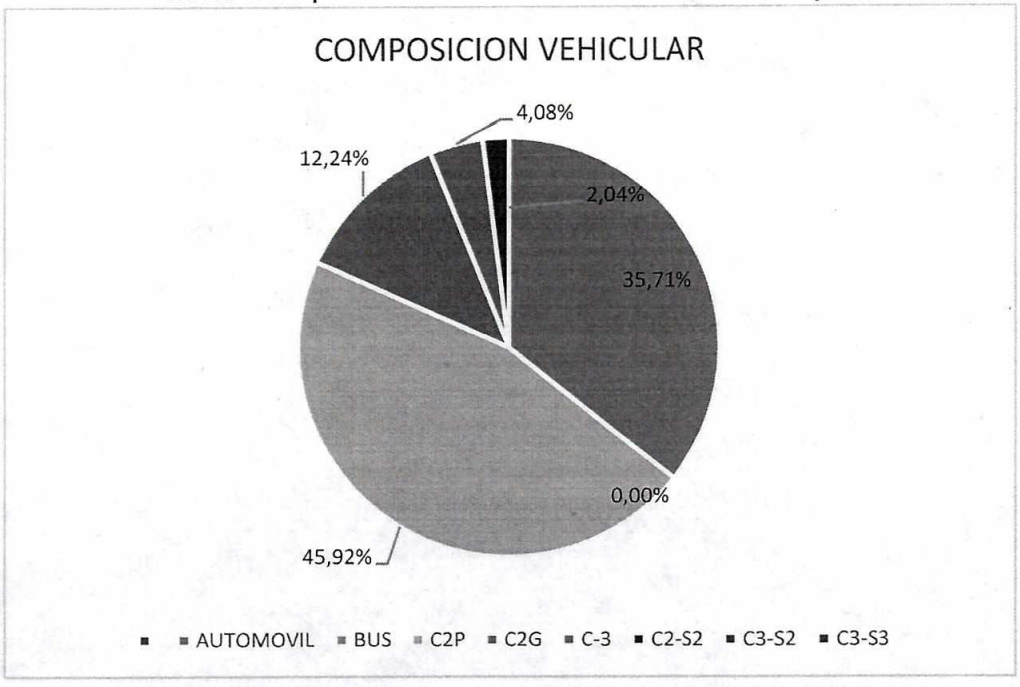
5.2.1.1 *Composición vehicular barrios Caribe y Villa Caribe.*

La composición vehicular se utiliza para tener una estimación del tipo de vehículos que circulan en la vía en sus condiciones actuales, la cual se expresa en porcentajes. A continuación, se muestra la composición vehicular:

Tabla 7. Composición vehicular en la Cra 44 entre las calles 25 y 30.

TIPO DE VEHICULO	VOLUMEN			PROMEDIO	COMPOSICION VEHICULAR
	26/08/2024	27/08/2024	31/08/2024		
AUTOMOVIL	38	35	32	35	35,71%
BUS	0	0	0	0	0,00%
C2P	43	46	45	45	45,92%
C2G	12	12	12	12	12,24%
C-3	3	5	4	4	4,08%
C2-S2	0	0	0	0	0,00%
C3-S2	2	0	2	2	2,04%
C3-S3	0	0	0	0	0,00%
TOTAL	**98**	**98**	**95**	**98**	**100%**

Gráfica 1. Composición vehicular en la Cra 44 entre las calles 25 y 30.

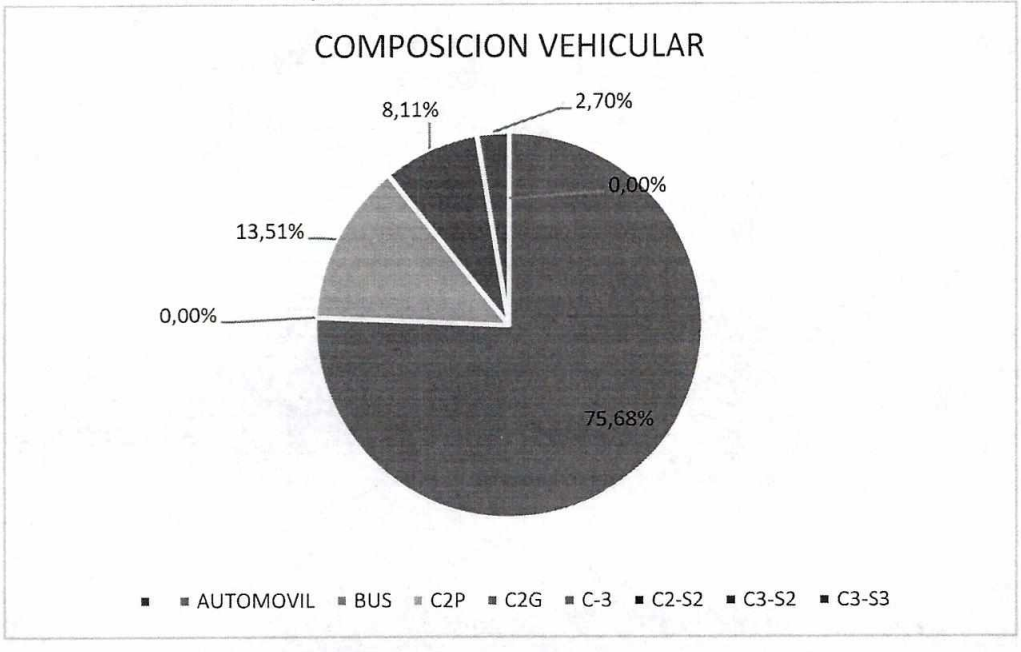


En la vía donde se hizo el aforo, predomina el flujo de camiones con un 45.92%, seguido de vehículos automóviles con un 35.71%, por otro lado, tenemos que no hay flujo de buses.

Tabla 8. Composición vehicular en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44.

TIPO DE VEHICULO	VOLUMEN			PROMEDIO	COMPOSICION VEHICULAR
	26/08/2024	27/08/2024	31/08/2024		
AUTOMOVIL	55	56	56	56	75,68%
BUS	0	0	0	0	0,00%
C2P	10	10	10	10	13,51%
C2G	6	6	6	6	8,11%
C-3	2	2	2	2	2,70%
C2-S2	0	0	0	0	0,00%
C3-S2	0	0	0	0	0,00%
C3-S3	0	0	0	0	0,00%
TOTAL	**73**	**74**	**74**	**74**	**100%**

Gráfica 2. Composición vehicular en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44.

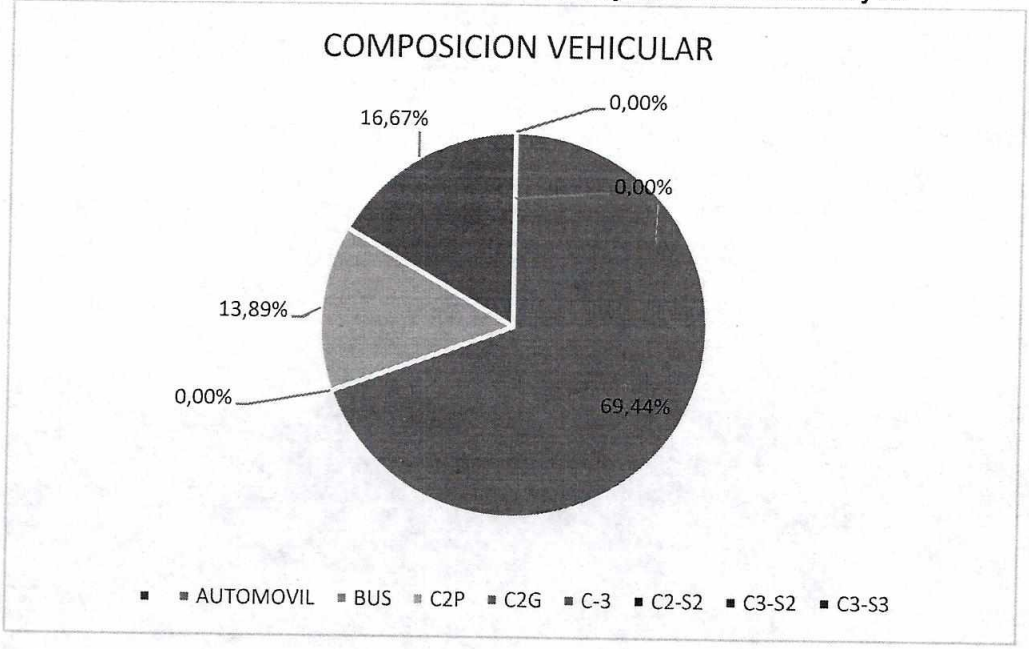


En la vía donde se hizo el aforo, predomina el flujo de vehículos automóviles con un 75.68%, seguido de camiones con un 13.51%, por otro lado, tenemos que no hay flujo de buses.

Tabla 9. Composición vehicular en la Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25.

TIPO DE VEHICULO	VOLUMEN			PROMEDIO	COMPOSICION VEHICULAR
	26/08/2024	27/08/2024	31/08/2024		
AUTOMOVIL	25	25	24	25	69,44%
BUS	0	0	0	0	0,00%
C2P	5	5	5	5	13,89%
C2G	6	6	6	6	16,67%
C-3	0	0	0	0	0,00%
C2-S2	0	0	0	0	0,00%
C3-S2	0	0	0	0	0,00%
C3-S3	0	0	0	0	0,00%
MOTO	0	0	0	0	0,00%
TOTAL	**36**	**36**	**35**	**36**	**100%**

Gráfica 3. Composición vehicular en la Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25.

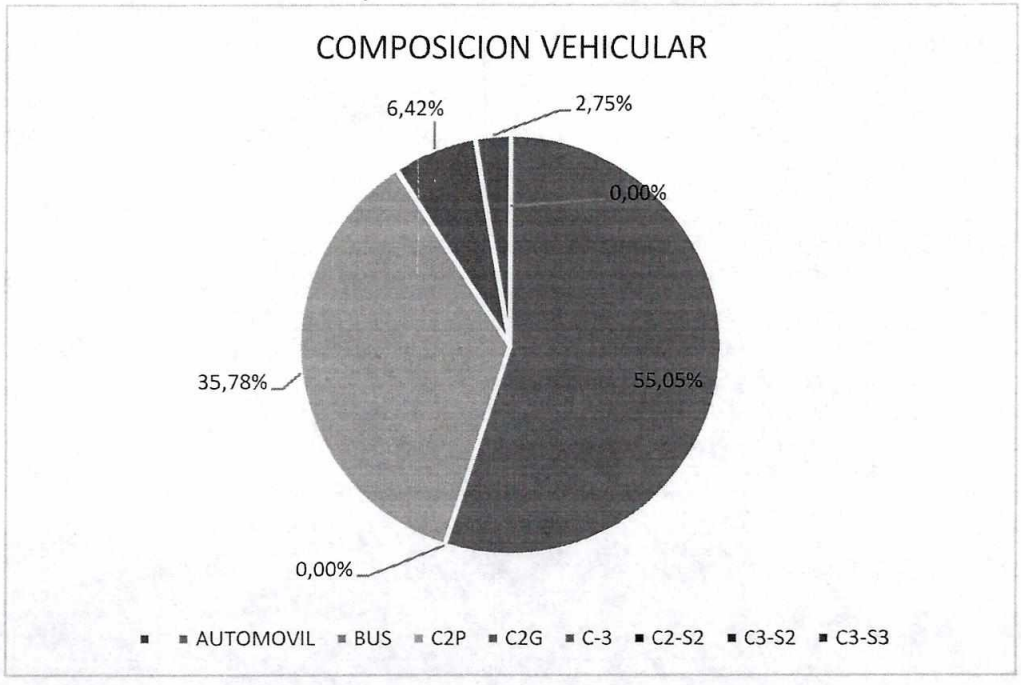


En la vía donde se hizo el aforo, predomina el flujo de vehículos automóviles con un 69.44%, seguido de camiones (C2G) con un 16.67%, por otro lado, tenemos que no hay flujo de buses.

Tabla 10. Composición vehicular en la Calle 24 entre las Cras 42a y 42b.

TIPO DE VEHICULO	VOLUMEN			PROMEDIO	COMPOSICION VEHICULAR
	26/08/2024	27/08/2024	31/08/2024		
AUTOMOVIL	60	59	61	60	77,92%
BUS	0	0	0	0	0,00%
C2P	8	8	6	8	10,39%
C2G	8	7	7	8	10,39%
C-3	1	1	1	1	1,30%
C2-S2	0	0	0	0	0,00%
C3-S2	0	0	0	0	0,00%
C3-S3	0	0	0	0	0,00%
TOTAL	**77**	**75**	**75**	**77**	**100%**

Gráfica 4. Composición vehicular en la Calle 24 entre las Cras 42a y 42b.



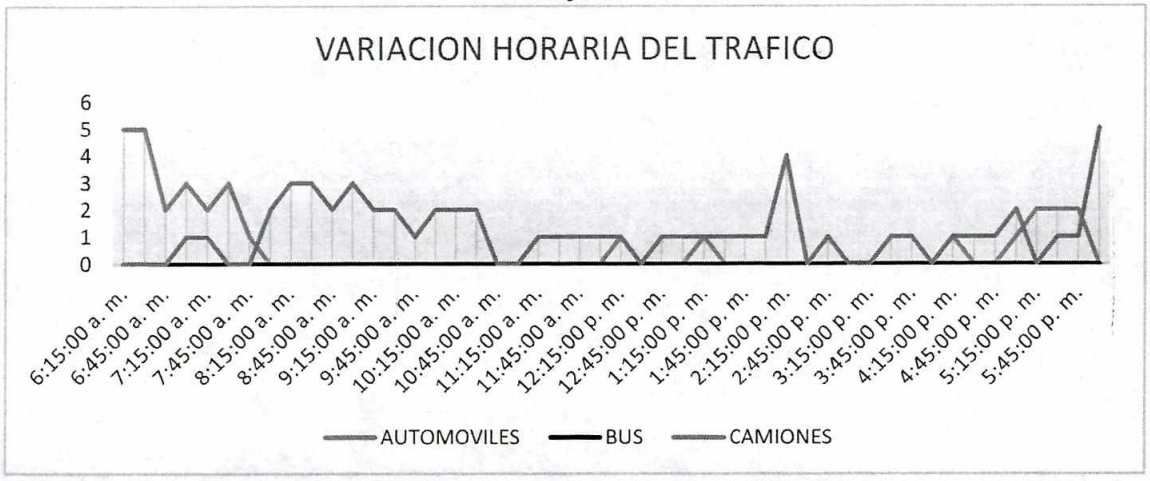
En la vía donde se hizo el aforo, predomina el flujo de vehículos automóviles con un 77.92%, seguido de camiones con un 10.39%, por otro lado, tenemos que no hay flujo de buses.

5.2.1.2 *Variación horaria del volumen de tránsito en los barrios Caribe y Villa Caribe.*

Las variaciones horarias de los volúmenes de tránsito a lo largo de las horas del día dependen del tipo de ruta y de las actividades que prevalezcan en ella. En zonas urbanas, para el caso de intersecciones, se acostumbra a tomar los datos de columnas de tránsito según sus movimientos direccionales.

Según los aforos vehiculares en la Cra 44 entre las calles 25 y 30, el día de mayor flujo vehicular 27 de agosto, a continuación, se muestra la variación vehicular de este día:

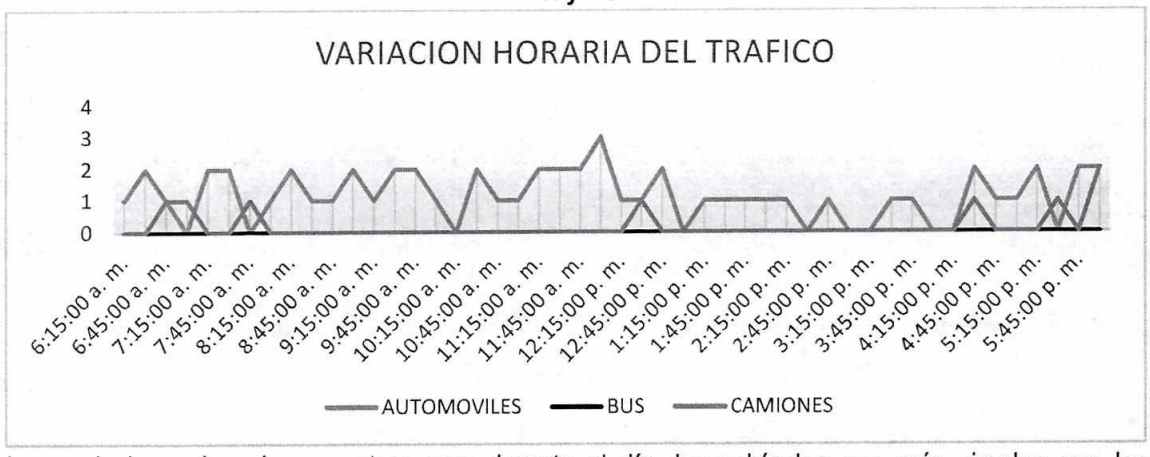
Gráfica 5. Variación horaria del volumen de tránsito de la vía del día de mayor tráfico en la Cra 44 entre las calles 25 y 30.



Las variaciones horarias muestran que, durante el día, los vehículos que más circulan son los camiones y automóviles, por lo tanto, los diseños geométricos deben estar acordes con el vehículo de diseño, en este caso los ya mencionados.

Según los aforos vehiculares en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44, el día de mayor flujo vehicular 27 de agosto, a continuación, se muestra la variación vehicular de este día:

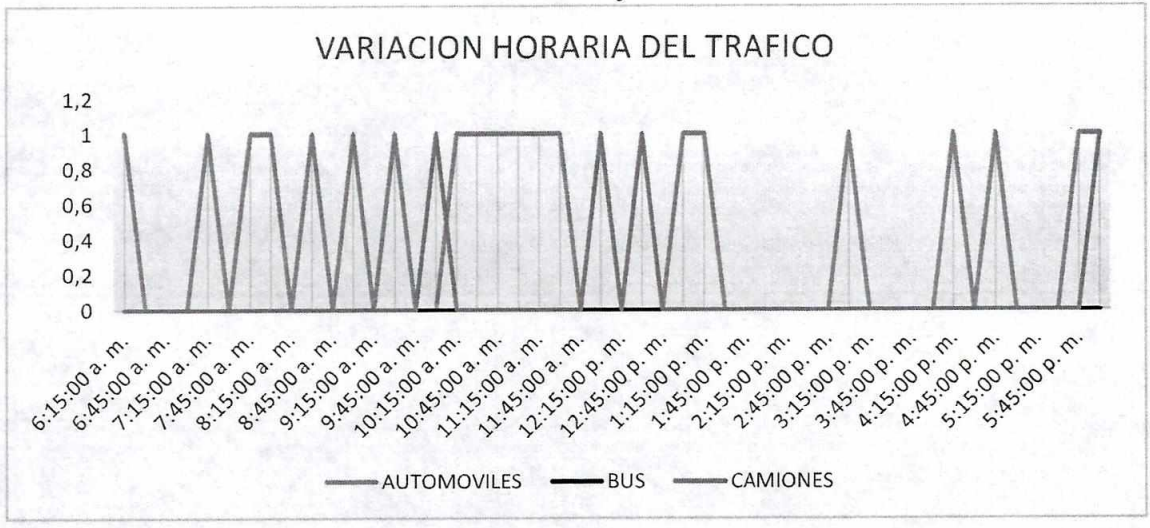
Gráfica 6. Variación horaria del volumen de tránsito de la vía del día de mayor tráfico en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44.



Las variaciones horarias muestran que, durante el día, los vehículos que más circulan son los automóviles y camiones, por lo tanto, los diseños geométricos deben estar acordes con el vehículo de diseño, en este caso los ya mencionados.

Según los aforos vehiculares en la Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25., el día de mayor flujo vehicular 27 de agosto, a continuación, se muestra la variación vehicular de este día:

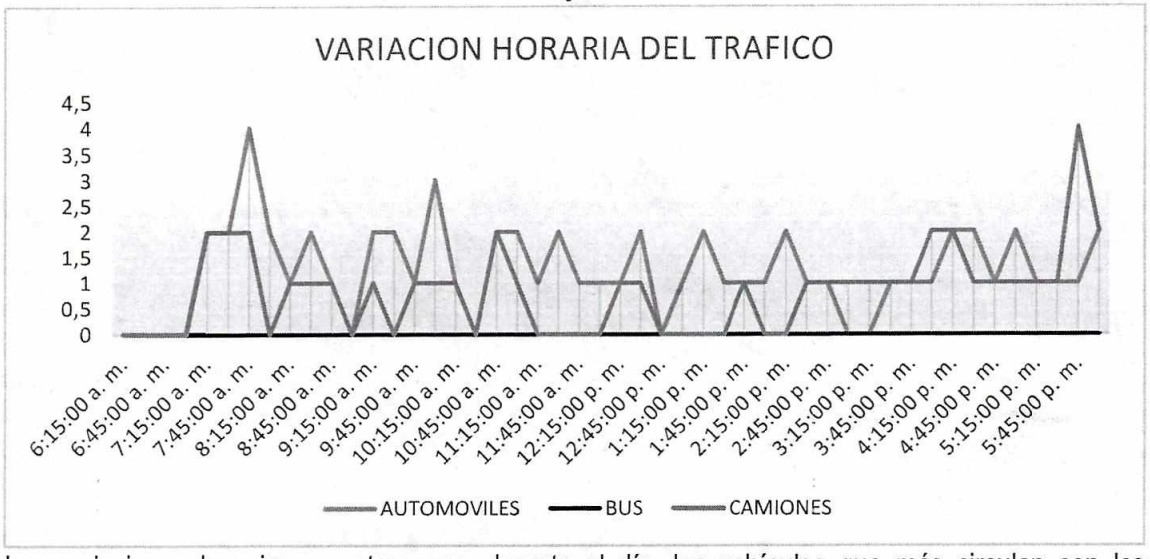
Gráfica 7. Variación horaria del volumen de tránsito de la vía del día de mayor tráfico en la Cra 42a y 42b entre las calles 24 y 25.



Las variaciones horarias muestran que, durante el día, los vehículos que más circulan son los automóviles y camiones, por lo tanto, los diseños geométricos deben estar acordes con el vehículo de diseño, en este caso los ya mencionados.

Según los aforos vehiculares en la Calle 24 entre las Cras 42a y 42b, el día de mayor flujo vehicular 26 de agosto, a continuación, se muestra la variación vehicular de este día:

Gráfica 8. Variación horaria del volumen de tránsito de la vía del día de mayor tráfico en la Calle 24 entre las Cras 42a y 42b.



Las variaciones horarias muestran que, durante el día, los vehículos que más circulan son los automóviles y camiones, por lo tanto, los diseños geométricos deben estar acordes con el vehículo de diseño, en este caso los ya mencionados.

5.2.1.3 *Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de los barrios Caribe y Villa Caribe.*

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo periodo máximo.

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que se conserve la misma frecuencia del flujo durante toda la hora. Esto significa que existen periodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo muchos mayores a las de la hora máxima.

Matemáticamente esto se expresa como:

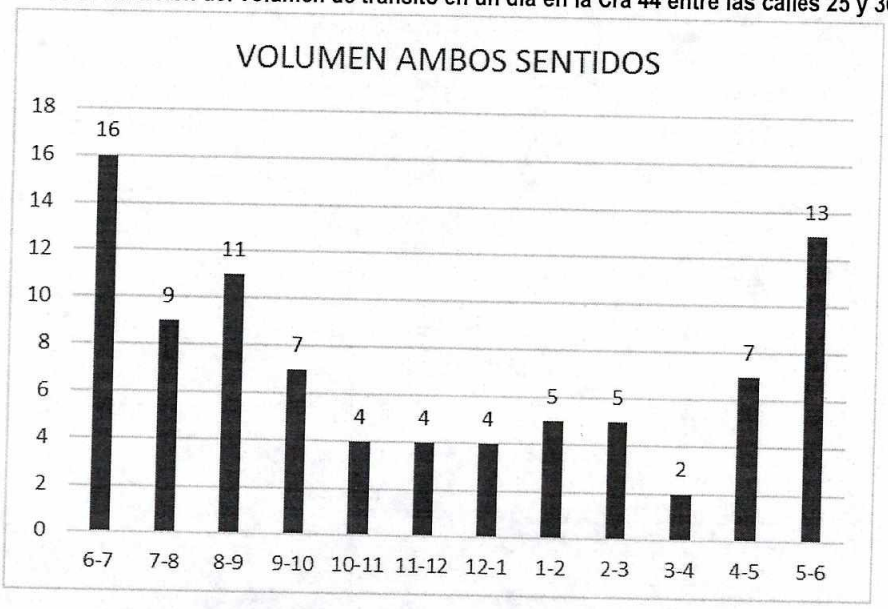
$$FHMD = \frac{VHMD}{N(Q_{máx})} \quad (3)$$

Dónde,
FHMD: Factor de la hora de máxima demanda.

VHMD: Volumen horario de máxima demanda.
Qmáx: Volumen máximo.
N: Número de periodos durante la hora de máxima demanda.

Los valores estimados de hora pico, volumen de hora pico y factor de hora pico, en la Cra 44 entre las calles 25 y 30, se muestran a continuación por cada grupo trabajado:

Gráfica 9. Variación del volumen de tránsito en un día en la Cra 44 entre las calles 25 y 30.



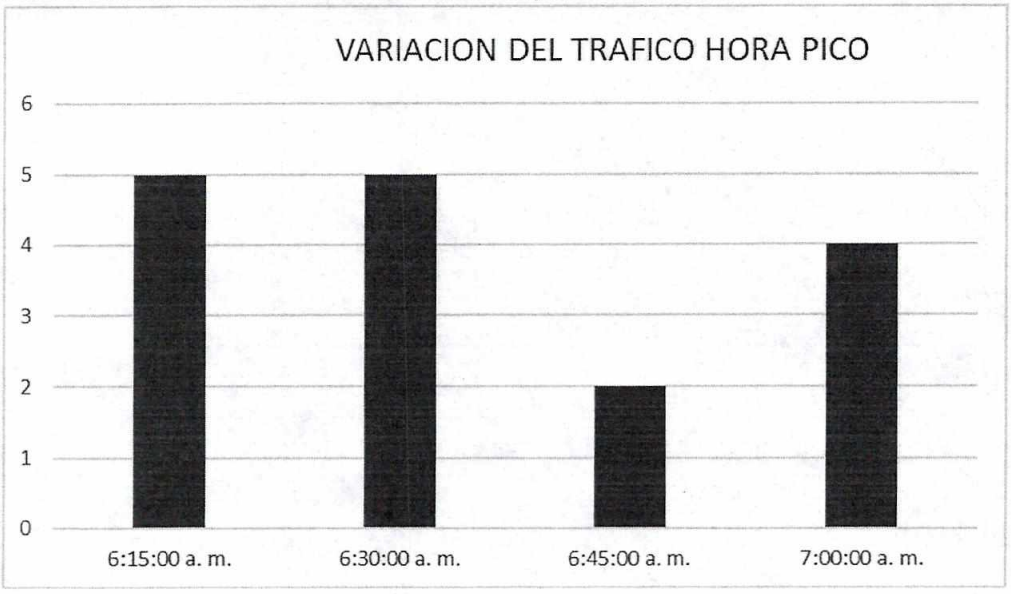
Luego tenemos que la hora de máxima demanda (hora pico) fue de 06:00 am – 07:00 am y su volumen horario es:

Tabla 11. Demanda máxima en la Cra 44 entre las calles 25 y 30.

VHMD	16veh/hr
HORA	6-7

A continuación, se presenta la variación de la intensidad del flujo vehicular en la hora pico:

Gráfica 10. Variación del volumen de tránsito en la hora pico en un día en la Cra 44 entre las calles 25 y 30.



Luego tenemos que los volúmenes de máxima intensidad en periodos de 15 minutos son:

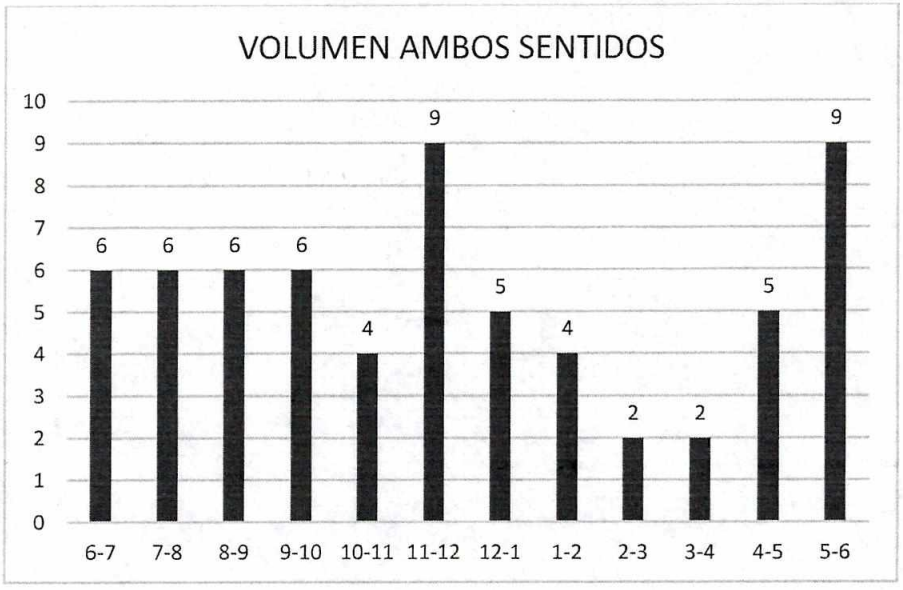
Tabla 12. Volumen horario máximo en la Cra 44 entre las calles 25 y 30.

HORA	VOLUMEN
6:15:00 a. m.	5
6:30:00 a. m.	5
6:45:00 a. m.	2
7:00:00 a. m.	4

Por lo cual tenemos que el factor de máxima demanda (hora pico) es de 1.33 valores que indican que no existen variaciones considerables del volumen de vehículos cada ¼ de hora.

Los valores estimados de hora pico, volumen de hora pico y factor de hora pico, en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44, se muestran a continuación por cada grupo trabajado:

Gráfica 11. Variación del volumen de tránsito en un día en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44.



Luego tenemos que la hora de máxima demanda (hora pico) fue de 11:00 am – 12:00 pm y su volumen horario es:

Tabla 13. Demanda máxima en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44.

VHMD	9veh/hr
HORA	11-12

A continuación, se presenta la variación de la intensidad del flujo vehicular en la hora pico:

Gráfica 12. Variación del volumen de tránsito en la hora pico en un día en la Calle 25 entre las Cras 41 y 44.

