CONSORCIO LA TAMBORA

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA Y HABITAT GOBERNACION DEL TOLIMA

CONTRATO DE CONSULTORIA N° 2092 DEL 14 DE OCTUBRE DE 2021

"CONSULTORIA TECNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y AMBIENTAL PARA LA REALIZACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE ESPINAL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA"

INFORME ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE LA VÍA LOCALIZADA EN LA CARRERA 8 CON CARRERA 3 ESTE Y 3A ESTE (ENTRE MZ "E Y B") – BARRIO EL RECREO

CONSORCIO LA TAMBORA

IBAGUE, TOLIMA
NOVIEMBRE 2021

DIRECCION: CRA 4 #42-73 B/ CASA CLUB IBAGUE-TOLIMA
TELEFONO: 3114827110
EMAIL: iversionesincosas314@gmail.com

CONSORCIO LA TAMBORA

INFORME FINAL DISEÑO ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO				
CONTRATO DE CONSULTORÍA No.	2092 DEL 14 DE OCTUBRE DEL 2021			
TITULO DOCUMENTO	INFORME FINAL – INFORME ESTRUCTURA DE PAVIMENTO			
DOCUMENTO No.	INFORME No. 001			
FECHA	Noviembre de 2021			
HITO PRODUCTO No.	Uno (1)			
No. DE PRODUCTOS	Uno (1)			
COMPONENTES	**No.**	**PRODUCTO**		
	1.1	INFORME DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO		
CONTROL DE MODIFICACIONES				
VERSIÓN	COMPONENTE MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	No. DE COPIAS
V-01		29-11-2021	VERSIÓN ÚNICA	1
CONTROL Y APROBACIÓN				
REALIZÓ	ING FRANCISCO RESTREPO / ING MONICA TRUJILLO			
Vo.Bo. Director de consultoría Consultoría	NOMBRE	ING. FRANCISCO RESTREPO		
	FIRMA			
	FECHA	29-11-2021		
Vo.Bo. Coordinador Consultoría	NOMBRE	ING. MANUEL IGNACIO ZARATE ROJAS		
	FIRMA			
	FECHA	29-11-2021		
Vo.Bo. Director Interventoría	NOMBRE	ING. LUIS FERNANDO TRIANA LÓPEZ		
	FIRMA			
	FECHA	29-11-2021		

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO ..... **- 1 -**
1 GENERALIDADES ..... **- 4 -**
1.1 INTRODUCCIÓN ..... - 4 -
1.2 OBJETIVOS ..... - 4 -
1.2.1 OBJETIVO GENERAL ..... *- 4 -*
OBJETIVO ESPECÍFICOS ..... - 4 -
2 GEOLOGÍA ..... **- 5 -**
2.1 GEOLOGÍA GENERAL ..... - 5 -
GEOLOGÍA LOCAL ..... - 6 -
3 ESTRUCTURA DEL ESTUDIO ..... **- 7 -**
3.1 CONDICIONES ACTUALES DEL TERRENO ..... - 8 -
3.2 RESUMEN DE LAS EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS ..... - 9 -
3.3 RESUMEN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO ..... - 11 -
3.4 INFORMACIÓN IDEAM - ANÁLISIS HIDROLÓGICO ..... - 11 -
4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ..... **- 17 -**
4.1 ANÁLISIS DE TRANSITO EN EL CARRIL DE DISEÑO Y DURANTE EL PERIODO DE DISEÑO ..... - 17 -
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE ..... - 21 -
4.3 DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO ..... - 22 -
4.3.1 Metodología Invias. ..... *- 22 -*
4.3.2 Metodología AASHTO 93 ..... *- 25 -*
4.3.3 Metodología PCA 84 ..... *- 29 -*
4.3.4 Diseño de juntas ..... *- 32 -*
4.3.5 Selladores de juntas ..... *- 34 -*
5 CONCLUSIONES ..... **- 35 -**
6 ANEXOS ..... **- 37 -**
ANEXO A. REGISTRO FOTOGRÁFICO ..... - 38 -
ANEXO B. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS ..... - 39 -
ANEXO C. ENSAYOS DE LABORATORIO ..... - 40 -
ANEXO D. UBICACIÓN PERFORACIONES ..... - 43 -
ANEXO E. ..... - 44 -

LISTA DE GRAFICAS

GRÁFICA 1. PLANCHA 264 IBAGUÉ - INGEOMINAS ..... - 5 -
GRÁFICA 2. UBICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... - 7 -
GRÁFICA 3. UBICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... - 7 -
GRÁFICA 4. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA VÍA ..... - 9 -
GRÁFICA 5. CLASIFICACIÓN DE LA FRACCIÓN FINA ..... - 10 -
GRÁFICA 6. DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA ..... - 10 -
GRÁFICA 7. HISTOGRAMA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL NATAIMA ..... - 12 -
GRÁFICA 8. HISTOGRAMA PRECIPITACIÓN ANUAL NATAIMA ..... - 12 -
GRÁFICA 9. HISTOGRAMA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL CHICORAL ..... - 13 -
GRÁFICA 10. HISTOGRAMA PRECIPITACIÓN ANUAL CHICORAL ..... - 13 -
GRÁFICA 11. TEMPERATURA MEDIA ANUAL AIRE A 10 CM ..... - 15 -
GRÁFICA 12. IDF ADOPTADA BAJO UN PUNTO DE VISTA CONSERVADOR ..... - 16 -
GRÁFICA 13. MÓDULO DE REACCIÓN DE SOPORTE ..... - 27 -
GRÁFICA 14. FACTOR DE PERDIDA DE SOPORTE ..... - 27 -
GRÁFICA 15. ESPESOR LOSA DE CONCRETO DE DISEÑO ..... - 31 -
GRÁFICA 16. ESPESOR LOSA DE CONCRETO DE DISEÑO ..... - 31 -
GRÁFICA 17. JUNTAS TRANSVERSALES ..... - 32 -
GRÁFICA 18. JUNTAS LONGITUDINALES ..... - 32 -
GRÁFICA 19. DETALLE DE SARDINEL Y LOSA DE PAVIMENTO RÍGIDO ..... - 32 -
GRÁFICA 20. JUNTA DE EXPANSIÓN ENTRE EL PAVIMENTO EXISTENTE Y EL PAVIMENTO NUEVO CON VIGA INFERIOR ..... - 33 -
GRAFICA 21. JUNTAS A POZOS ..... - 33 -
GRÁFICA 22. ESPESOR DE DISEÑO FINAL ..... - 35 -

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. TIPO DE EXPLORACIONES DESARROLLADAS Y MUESTRAS OBTENIDAS ..... - 8 -
TABLA 2. ENSAYOS REALIZADOS ..... - 8 -
TABLA 3. PERFIL ESTRATIGRÁFICO – EXPLORACIONES MANUALES ..... - 9 -
TABLA 4. ESTACIÓN – NATAIMA [21185090] ..... - 11 -
TABLA 5. ESTACIÓN – CHICORAL [21215080] ..... - 13 -
TABLA 6. ESTACIÓN – NATAIMA [21185090] ..... - 14 -
TABLA 7. COMPOSICIÓN VEHICULAR 1/12/2021 ..... - 17 -
TABLA 8 TPD. ..... - 18 -
TABLA 9. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS DE ACUERDO A LA INFORMACIÓN PRESENTADA POR EL INGENIERO FELIX PULIDO ..... - 19 -
TABLA 10. COMPOSICIÓN VEHICULAR PROYECTADA TPDA DE ACUERDO A LA INFORMACIÓN PRESENTADA POR EL INGENIERO FELIX PULIDO ..... - 19 -
TABLA 11. RANGOS TÍPICOS DE EJES VEHICULARES PCA ..... - 20 -
TABLA 12. RESUMEN EXPLORACIONES TIPO APIQUE ..... - 21 -
TABLA 13. MEJORAMIENTO CON MATERIAL GRANULAR TIPO AFIRMADO ..... - 21 -
TABLA 14. CATEGORÍA DE TRÁNSITO PARA LA SELECCIÓN DE ESPESORES. ..... - 22 -
TABLA 15: CLASIFICACIÓN DE LA SUBRSANTE DE ACUERDO CON SU RESISTENCIA. ..... - 22 -
TABLA 16: CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE SOPORTE PARA EL PAVIMENTO DE CONCRETO. ..... - 23 -
TABLA 17: VALORES DE RESISTENCIAS A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MÓDULO DE ROTURA) .. - 23 -
TABLA 18: DENOMINACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS Y CONFINAMIENTO LATERAL. ... - 23 -
TABLA 19: ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO (CM) DE ACUERDO A LA COMBINACIÓN DE VARIABLES Y T0 COMO FACTOR PRINCIPAL. ..... - 24 -
TABLA 20. FACTOR DE CONFIABILIDAD METODOLOGÍA AASHTO 93 ..... - 25 -
TABLA 21. DISTRIBUCIÓN E CONFIABILIDAD VS. ERROR ESTÁNDAR ..... - 26 -
TABLA 22. CORRELACIÓN DE DRENAJE ..... - 28 -
TABLA 23. COEFICIENTE DE DRENAJE ..... - 28 -
TABLA 24. COEFICIENTE DE DRENAJE INVIAS ..... - 28 -
TABLA 25. ANÁLISIS MÉTODO PCA 84 ..... - 30 -
TABLA 26 CANTIDADES APROXIMADAS ..... - 36 -

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

En el siguiente informe se presenta una breve introducción a las condiciones del terreno exploradas en el barrio El recreo entre las manzanas E y B en el Municipio del Espinal, Departamento del Tolima, se presentará una caracterización geológica general del sector contemplando la memoria explicativa de la plancha no. 264 – Espinal y el Mapa geológico del Departamento del Tolima, adicionalmente se presenta un resumen de las exploraciones geotécnicas desarrolladas presentando un resumen por medio de tablas y cuadros que permiten el mejor entendimiento del perfil estratigráfico encontrado.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar un informe geotécnico que garantice diseño de la estructura de pavimento de las vías del barrio el recreo (en el Municipio de Espinal, Departamento del Tolima.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Desarrollar una caracterización geológica general de la zona en la cual se presenta en la MZ "P" desde casas 1 y 5 hasta la 11 y 34 en el Municipio de El Espinal, Departamento del Tolima.
- Realizar un trabajo de campo por medio de equipos de exploración geotécnica los cuales garanticen la obtención de muestras representativas para su respectiva caracterización física y mecánica.
- Presentar por medio de tablas resumen la caracterización física y mecánica desarrollada a las muestras extraídas en la exploración de campo.
- Para los periodos de diseño definidos dimensionar la estructura de pavimento que cumpla con las solicitaciones finales del proyecto.

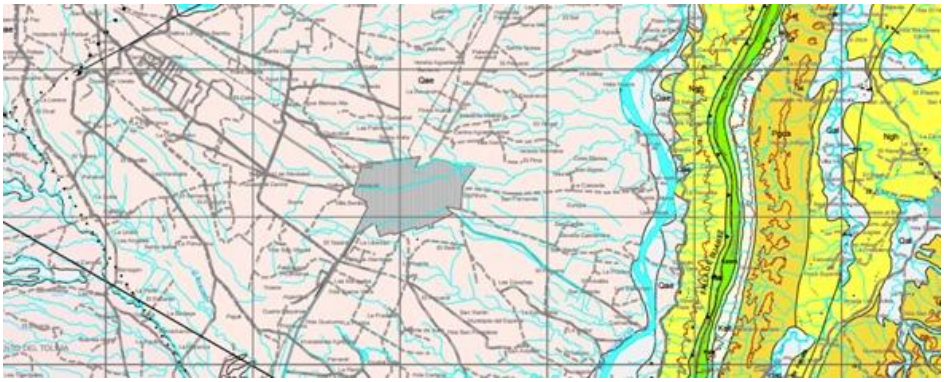
2 GEOLOGÍA

2.1 GEOLOGÍA GENERAL

Abanico de Espinal (Qae). La diferenciación entre el Abanico de Guamo y el Abanico de Espinal es morfológica, puesto que litológicamente son muy similares, por lo tanto, se describirán como una sola unidad litoestratigráfica.

El Abanico de Espinal se extiende desde Chicoral hasta el río Magdalena en la Vereda La Chamba y se encuentra limitado al SW por la quebrada Guaduala (o Guaduas) y continúa más al norte de Espinal hasta el Municipio de Girardot; la unidad puede seguirse hacia el sur del río Saldaña hasta el suroccidente de Purificación. Su morfología es totalmente plana en toda su extensión y forma una meseta con una inclinación casi imperceptible hacia el río Magdalena. Presenta un patrón de drenaje subdendrítico predominante con dirección SE. El rasgo principal que lo separa claramente del Abanico de Guamo es la quebrada Guaduala, la cual forma un rasgo rectilí- neo con dirección NW - SE (Lineamiento Guaduas). Tuvo su ingreso al valle del río Magdalena por la localidad de Gualanday, donde tiene su ápice. En este sitio rompió la barrera existente, constituida por estratos del Grupo Gualanday la cual impidió una mayor extensión del Abanico de Espinal.

Gráfica 1. Plancha 264 Ibagué - INGEOMINAS



La acumulación de estos abanicos probablemente ha modificado el curso de los principales ríos y tributarios que se encontraban en el área de influencia en el momento de formarse los depósitos; esto es evidenciado por el cambio brusco de dirección del río Saldaña, en el sitio de confluencia con el río Cucuana, el cual varía de NE a E - W y del río Magdalena, en el sector de Flandes - Girardot (Plancha 245 Girardot), que cambia de dirección NNE a E - W.

GEOLOGÍA LOCAL

La litología de estos abanicos está compuesta por depósitos de materiales volcánicos retrabajados, acumulados por dinámica fluvial. Predominan los niveles pumíticos con arenas de cuarzo, intercalados con niveles no pumíticos, menos frecuentes, que varían en espesor desde 0,30 m hasta 12 m. Se observan niveles de ceniza de 0,05 a 0,30 m. Se encontró un paleosuelo con dos horizontes bien definidos, en la Vereda Las Delicias, al oriente de Chicoral, con un espesor de 0,30 m que descansan sobre un nivel aluvial no pumíticomagnitud.

Los niveles pumíticos contienen un 70% de pumita y, en menor proporción, fragmentos de dacitas, que varían desde tamaño arena hasta bloques de 0,40 m, con variación de color entre gris claro a tonos intermedios; están compuestos por cantos de cuarzo lechoso, rosado y ahumado; por rocas metamórficas (esquistos verdes, esquistos biotíticos) y por rocas intrusivas ácidas muy meteorizadas de 10 y 15 cm y por granos de plagioclasa de tamaño arena gruesa a muy gruesa; la estratificación es plana paralela inclinada, levemente ondulada no paralela y ocasionalmente en artesa. La selección es regular a mala. Tienen intercalaciones de arena gruesa a media compuestas de cuarzo hialino, lechoso y rosado con granos muy gruesos de pumita y dacita.

En los depósitos no pumíticos predominan arenas y gravas, con frecuentes bloques de hasta 2 m de diámetro; están compuestos por rocas intrusivas ácidas a intermedias, pórfidos andesíticos, filitas, esquistos verdes, esquistos biotíticos, neises, tobas de color rosado violáceo, tobas líticas y cristalinas, aglomerados de color pardo con fragmentos de tobas y matriz tobácea y cantos de cuarzo lechoso, en su mayoría materiales volcánicos retrabajados; las gravas son angulares en su mayoría y están dispuestas dentro de una matriz lodosa de color amarillo rojizo; la disposición de los clastos es caótica y la selección mala.

No se descarta que existan flujos piroclásticos distales intercalados con los depósitos pumíticos y no pumíticos.

El origen de los abanicos de Guamo y Espinal está relacionado con actividad eruptiva del Cerro Machín (volcán activo localizado a unos 70 km al occidente del Municipio, sobre la Cordillera Central) y corresponden a depósitos de materiales volcánicos retrabajados y acumulados por dinámica fluvial (flujos hiperconcentrados y flujos de escombros).

3 ESTRUCTURA DEL ESTUDIO

En el siguiente informe se presenta un resumen de las condiciones geotécnicas encontradas en el barrio Guayacán urbanización la cascada en el Municipio de El Espinal, Departamento del Tolima.

Gráfica 2. Ubicación general del Proyecto



Fuente: Google Earth

Gráfica 3. Ubicación general del proyecto



De acuerdo a la solicitud transmitida por el consorcio LA TAMBORA, se adelantan un total de dos exploraciones manuales con recobros de muestras inalteradas tipo CBR, para la calle propuesta.

Cada una de las muestras recobradas fueron clasificadas según el método SUCS, por medio de ensayos de granulometría y límites de Atterberg, adicionalmente se determinó la humedad natural de la masa de suelo encontrándose con una humedad baja, de manera general se presentó un suelo de resistencia media con una tendencia areno limosa o arcillosa de color gris con betas beige

A continuación, se presenta un cuadro resumen con las profundidades de las exploraciones geotécnicas desarrolladas y posteriormente los ensayos realizados y al tipo de muestras a las cuales se les ejecutaron.

Tabla 1. Tipo de exploraciones desarrolladas y Muestras obtenidas

Tipo de exploración	*Profundidad Alcanzada (m)*	*Cantidad*	*Numero de Muestras*	*Tipo de Muestras*
Apique	1.20	1	1	Inalteradas Molde CBR Alteradas tipo Bolsa

Tabla 2. Ensayos realizados

Ensayo de Laboratorio	*Norma Utilizada*	*Cantidad*	*Tipo de Muestras*
Humedad Natural	INVE 122	2	Remoldeadas
Limite Liquido y Plástico	INVE 125 - 126	2	Remoldeadas
Granulometría Lavado Tamiz No. 200	INVE 123	2	Remoldeadas
Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR Inalterado)	INVE 148	2	Inalterada Molde de CBR

3.1 CONDICIONES ACTUALES DEL TERRENO

La vía explorada presenta capa de rodadura en un material granular de matriz color gris a beige con abundante presencia de partículas de tamaños máximo de 2” de alta resistencia, Así mismo en la vía explorada se encuentra referenciados pozos de inspección y alcantarillado, agua potable y gas domiciliario y no se logra percibir contaminación con aguas residuales, en la zona se logra observar zonas verdes que pueden afectar de forma estructural el pavimento

Gráfica 4. Registro fotográfico de la vía



3.2 RESUMEN DE LAS EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS

De acuerdo a la solicitud presentada por el consorcio LA TAMBORA se desarrollaron dos exploraciones buscando caracterizar las condiciones del terreno donde se proyectan una intervención vial, de pendiendo de las condiciones de la zona se lograron recobrar muestras que permitieron estimar bajo las condiciones conservadoras los índices de resistencia del suelo.

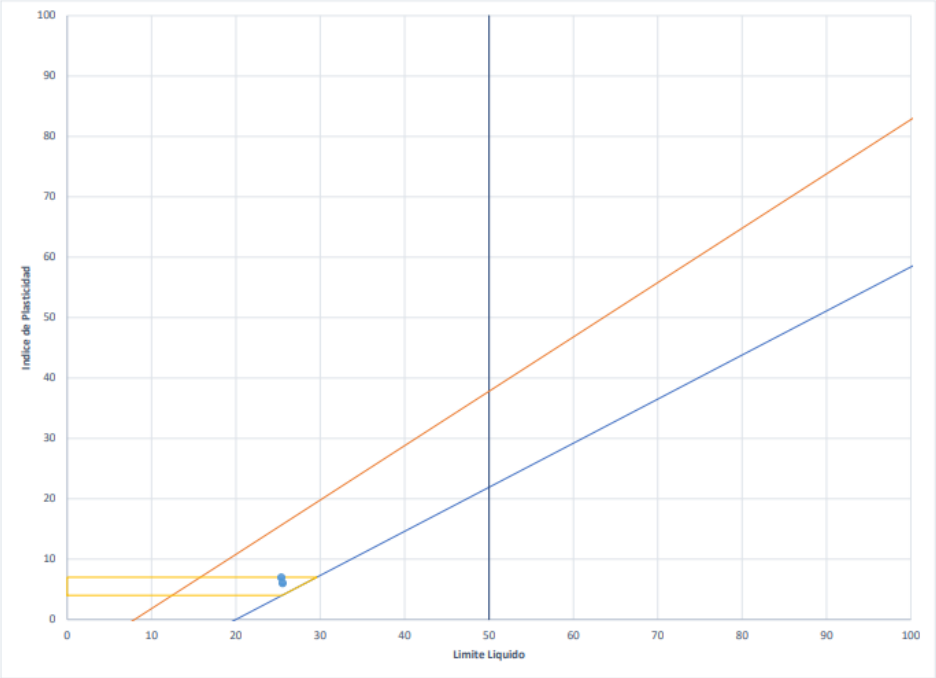
Los ensayos de expansión sobre las muestras de CBR no evidenciaron cambios volumétricos significativos posteriores al proceso de saturación, pero sí una disminución significativa de resistencia en las muestras inalteradas, propias de las expresiones geológicas predominantes de la zona

En la tabla 3. Perfil Estratigráfico se presenta una tabla resumen de los ensayos realizados a las exploraciones geotécnicas adelantadas.

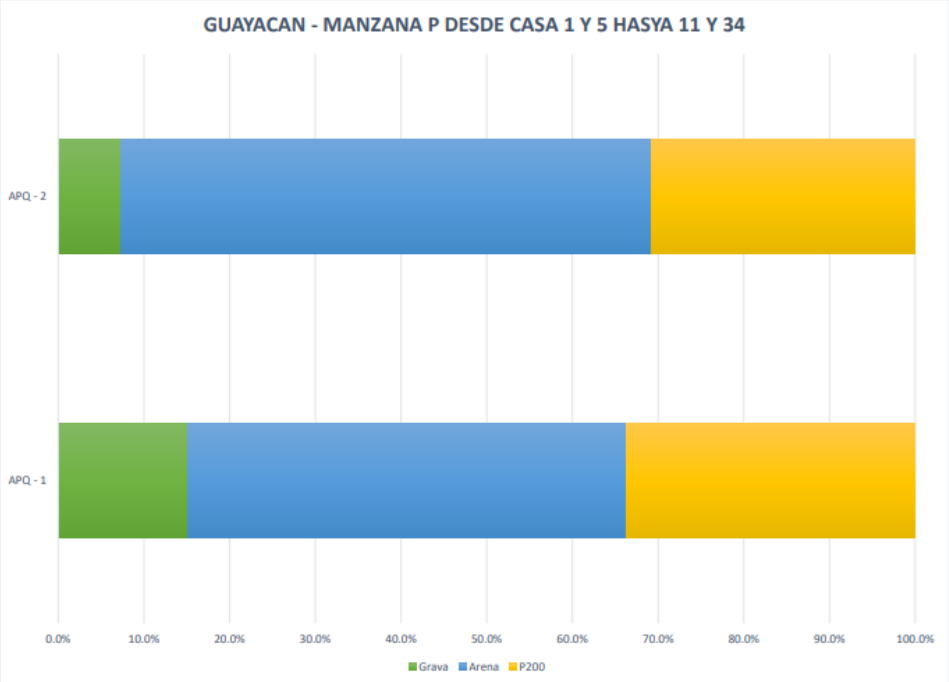
Tabla 3. Perfil Estratigráfico – Exploraciones manuales

APIQUE	W nat. (%)	LL (%)	IP	GRANULOMETRIA			SUCS	AASHTO	Expansión (%)	C.B.R 0.1"	C.B.R 0.2"
				GRAVA	ARENA	(%)P200					
APQ - 1	11.23%	22.83%	5.72%	3.9%	58.2%	37.9%	SC - SM	A-4	-0.32%	3.89	2.6

Gráfica 5. Clasificación de la fracción fina



Gráfica 6. Distribución Granulométrica



3.3 RESUMEN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

En la zona donde realizo el apique uno se presenta una capa de rodadura en material granular de matriz gris a beige con presencia de partículas de tamaño máximo de 2" aproximadamente un espesor de 35 cm, luego se encuentra un material areno limosa de color gris oscura con unas pocas betas de café oscuro, soportando lo definido en las condiciones geológicas generales de la zona.

3.4 INFORMACIÓN IDEAM - ANÁLISIS HIDROLÓGICO

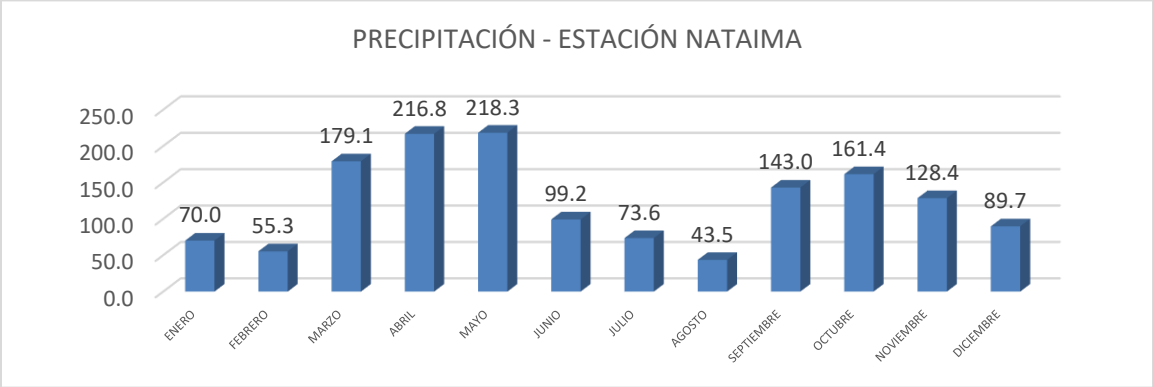
A partir de la información a la cual se puede acceder en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, se determinan las estaciones hidrometeorológicas en la zona del estudio y se procede a recopilar en la totalidad la información de dichas estaciones, las cuales debido a su proximidad con el área de estudio tienen mediciones que pueden ser representativa para llevar a cabo un análisis hidrológico. Del análisis de tal información se puede determinar que los datos de dichas estaciones se encuentran completos y cuentan con unas adecuadas series temporales, lo cual hace que se tenga un mejor ajuste de los datos.

Como variable de entrada dentro del análisis se presenta la memoria de cálculo de la estaciones 21215080– Chicoral y 21185090 – Nataima Automatica.

Tabla 4. Estación – Nataima [21185090]

AÑO / MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
2000	41.6	70.6	173.6	168.8	190.9	96.9	18.8	82.7	252.1	227.2	88.6	88.9	1500.7
2001	30.4	39.3	274.7	58	184.1	37.9	82.7	10	76	116.5	231.7	118.2	1259.5
2002	60.6	18.4	300	278.4	158.8	77.6	29.3	4.2	111.6	268.9	118.5	121.9	1548.2
2003	9.5	104.7	214.4	216	133	300.4	15.3	20	158.8	115.7	104.1	68.4	1460.3
2004	56.5	34.7	23.7	174.5	223.4	17	59.9	11.5	169	327.1	54.8	55.1	1207.2
2005	54.6	48.2	164.4	77.6	313.4	82.5	23.3	39.3	170.2	239.9	219	93.3	1525.7
2006	71.2	29.4	185.4	185.4	258	70.7	46.7	5	146.4	63.3	141.1	172.5	1375.1
2007	109.7	6.8	254	412.7	266.1	73.6	167.7	19.2	24.7	213.8	155.6	51.2	1755.1
2008	70.2	109.8	166.6	134.1	293.1	126.4	169.1	181.5	181.7	139.1	123.7	21.9	1717.2
2009	171.3	79	168.3	106.2	96	62.8	2.6	35.5	149.1	34	67.5	195.5	1167.8
2010	94.9	67.7	44.6	573.6	284.8	145	194.1	70	133.3	30.3	108.1	0	1746.4
TOTAL	770.5	608.6	1969.7	2385.3	2401.6	1090.8	809.5	478.9	1572.9	1775.8	1412.7	986.9	16263.2
PROMEDIO	70.0	55.3	179.1	216.8	218.3	99.2	73.6	43.5	143.0	161.4	128.4	89.7	1478.5
DESVIACIÓN	43.6	33.9	85.7	154.3	71.2	75.7	70.3	52.6	58.9	99.9	56.2	59.7	210.2

Gráfica 7. Histograma Precipitación Media Anual Nataima



Gráfica 8. Histograma Precipitación Anual Nataima

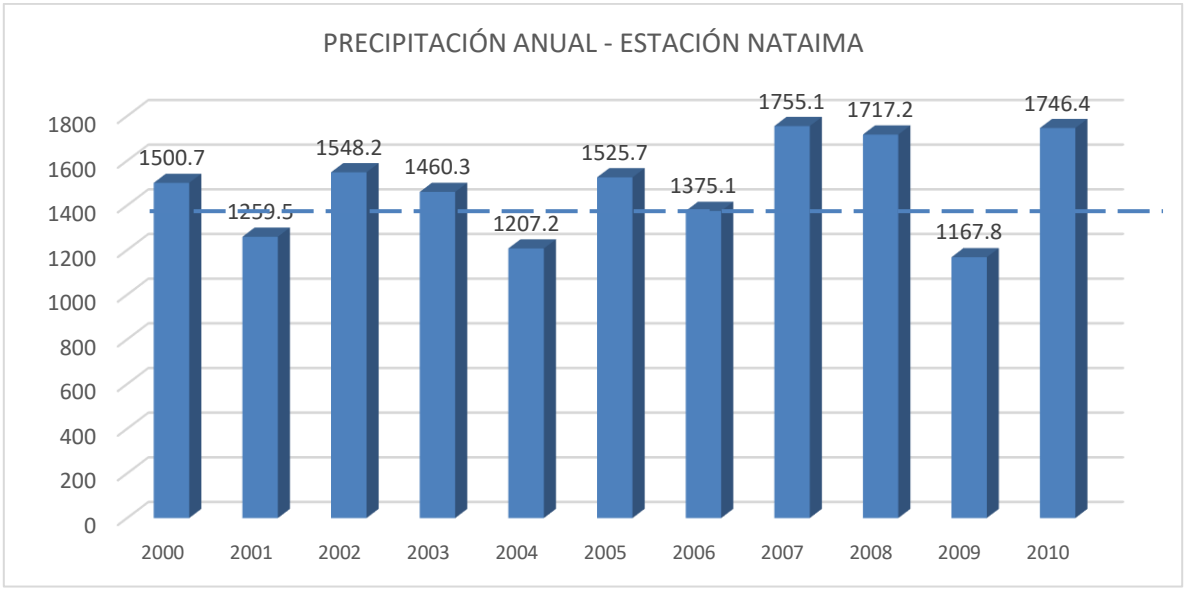
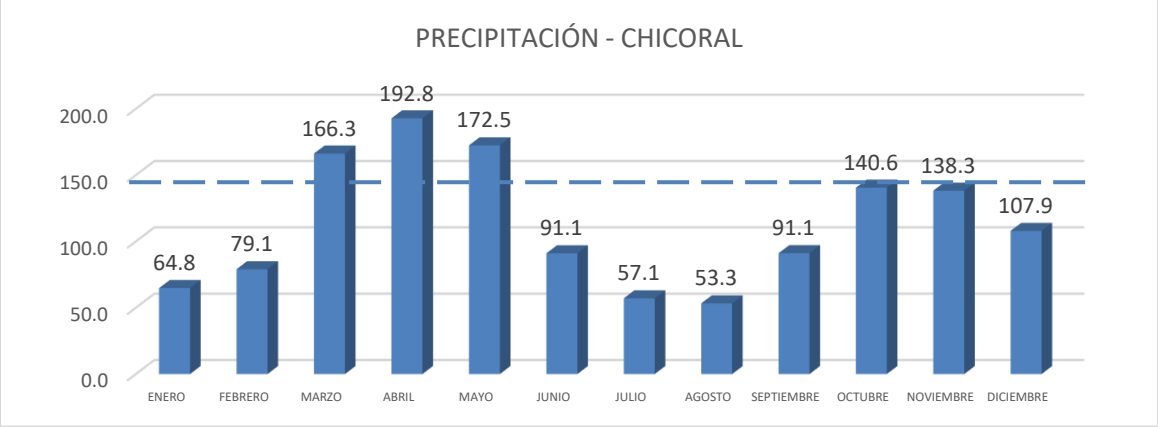


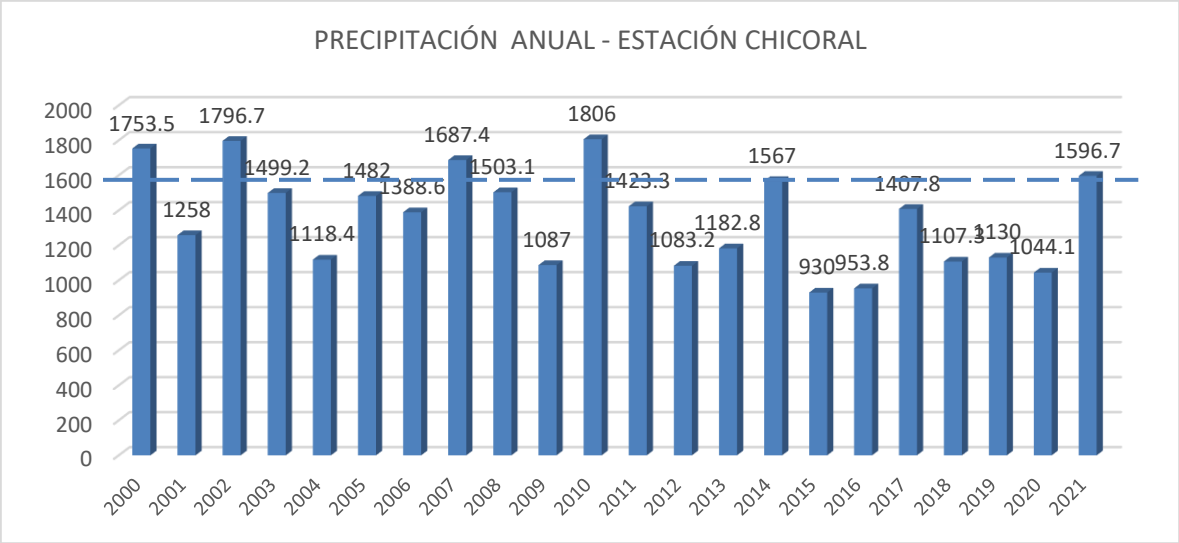
Tabla 5. Estación – Chicoral [21215080]

AÑO / MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
2000	89.4	109.6	81.4	217.3	247.6	185.6	12.8	65.9	162.2	296.4	114.7	170.6	1753.5
2001	46.8	20	228.5	83.9	136.9	24.5	135.8	31	66.9	106.6	229	148.1	1258
2002	64.9	92.3	384.9	304.7	123.3	94.8	32.5	54.7	129.8	278.3	96.8	139.7	1796.7
2003	11.5	89.2	167.8	306.2	126.1	280.7	25.3	16	184.5	89.3	90.5	112.1	1499.2
2004	3.7	47	38.1	188.7	168.6	48.2	68.4	5.9	127	217.7	102.2	102.9	1118.4
2005	120.4	88.8	171.9	109.8	271.1	42.9	18.8	26.2	135.4	195.7	217.3	83.7	1482
2006	55.5	37.9	124.5	214.2	221.5	40.4	11.4	34.1	101.7	71.4	218.8	257.2	1388.6
2007	108.7	1.6	281.5	269.7	272.5	128.6	159.5	25.3	28.1	174.8	166.1	71	1687.4
2008	152.2	111.9	70.5	101.5	193	150	83	167	174	155	114	31	1503.1
2009	138	55	155	122	113	53	8	37	130	55	68	153	1087
2010	54	124	79	600	215	146	202	26	101	36	116	107	1806
2011	30.4	84.1	124.4	262.6	234.3	134	28.6	20.2	71.1	176.3	170.8	86.5	1423.3
2012	63.6	135.6	215.4	223.9	49.6	29.7	23.3	48.7	15.8	156.5	63	58.1	1083.2
2013	30.6	129	218.5	141.2	204.9	45.9	16.7	87.1	26.6	68	87.7	126.6	1182.8
2014	86.1	99.1	45.6	514.5	254.9	75.9	18.3	1.6	127.2	122.8	101.5	119.5	1567
2015	87.9	32.5	186.5	0	90.5	41.1	26.5	0.9	35.1	218.9	185.9	24.2	930
2016	0	129.2	0	0	0	0	77.3	66.2	32.4	271.8	135.2	241.7	953.8
2017	49.9	13.6	314.1	136.6	211.2	98.8	19.4	63.4	44.5	219.4	189.4	47.5	1407.8
2018	100.6	20.2	223.1	197.1	127.7	26.4	52.7	42.7	106.3	0	196.7	13.8	1107.3
2019	68.2	171.6	263.1	135.6	200.8	12.2	40.5	0	20.7	0	83.1	134.2	1130
2020	1.9	39.8	61.3	0	64.8	150.3	103.6	142	118	79.7	228.8	53.9	1044.1
2021	62.2	107.1	222.5	112.7	266.8	194.9	92.1	209.8	66.6	103	66.6	92.4	1596.7
TOTAL	1426.5	1739.1	3657.6	4242.2	3794.1	2003.9	1256.5	1171.7	2004.9	3092.6	3042.1	2374.7	29805.9
PROMEDIO	64.8	79.1	166.3	192.8	172.5	91.1	57.1	53.3	91.1	140.6	138.3	107.9	1354.8
DESVIACIÓN	43.0	47.1	98.9	149.1	77.9	72.0	53.3	54.9	52.8	87.8	57.3	63.0	278.6

Gráfica 9. Histograma Precipitación Media Anual Chicoral



Gráfica 10. Histograma Precipitación Anual Chicoral

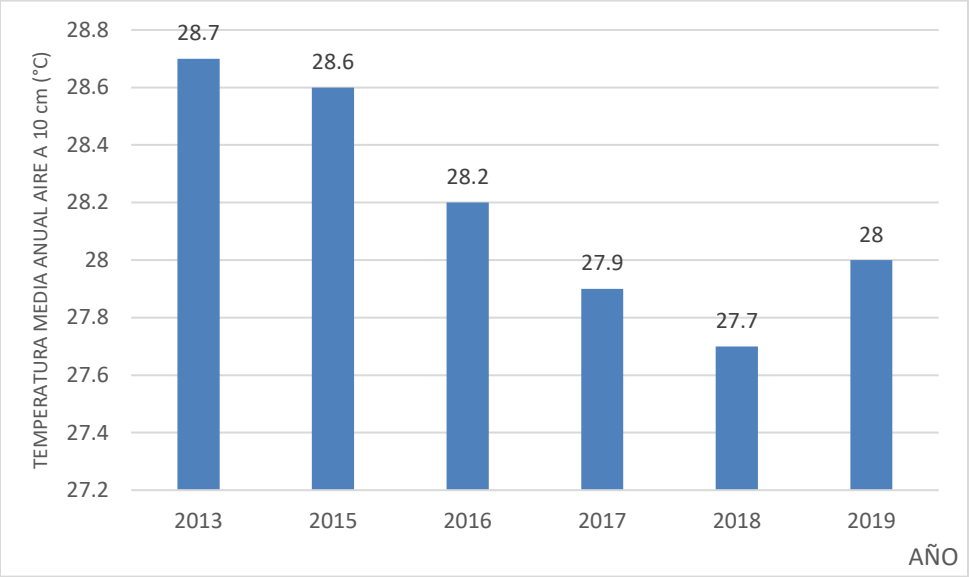


Pata estimar las leyes de fatiga de la carpeta asfáltica se propone estimar la temperatura media anual ponderada, para esto se tomara la información e las estaciones referenciadas previamente.

Tabla 6. Estación – Nataima [21185090]

Año	*Temperatura media anual aire a 10 cm*
2013	28.7
2015	28.6
2016	28.2
2017	27.9
2018	27.7
2019	28
PROMEDIO	28.2
DESVIACIÓN	0.4

Gráfica 11. Temperatura media anual aire a 10 cm



Para el cálculo de geodrenes o filtros se adoptó una curva IDF conservadora que afectaría a la zona media de la Ciudad de Espinal.

Gráfica 12. IDF adoptada bajo un punto de vista conservador

4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

4.1 ANÁLISIS DE TRANSITO EN EL CARRIL DE DISEÑO Y DURANTE EL PERIODO DE DISEÑO

Introducción

A continuación, se presenta el resumen del análisis desarrollado por el Ingeniero Félix Pulido para determinar el tránsito de diseño de la estructura de pavimento rígido proyectada. Donde se cuantifica del número acumulado de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas (N) que circulará por el carril de diseño durante el período de diseño.

Componentes del Transito

Igualmente, los conteos vehiculares fueron desarrollados por el consorcio Inge consultores 2021 a continuación se presenta una tabla resumen de los conteos desarrollados.

Tabla 7. Composición vehicular 1/12/2021

COMPOSICION VEHICULAR DURANTE LA TOMA DE INFORMACION										
PERIODO		MOTOCICLETAS	A - AUTOMOVILES CAMIONETAS Y MICROBUSES	B - BUSES Y BUSETAS	C2P - CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO	C2G - CAMIÓN DE 2 EJES GRANDE	C34 - CAMIÓN DE 3 EJES y 4 EJES	C5- CAMIÓN DE 5 EJES	> C5 - CAMIONES DE MÁS DE 5 EJES	TD
6:00:00	20:00:00	152	53	0	1	1	0	0	0	207
COMPOSICION (%)		73,43%	25,60%	0,00%	0,48%	0,48%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

La composición vehicular escogida corresponde al del día miércoles ya que posee la mejor representación del desarrollo típico de las vías intermunicipales en la mayoría de los días laborales.

Obtención TPD

El tránsito promedio diario es una de las variables fundamentales para la determinación del número de ejes equivalentes que solicitarán el pavimento. Para estimar este valor se tomó la información de los conteos realizados durante una semana, a continuación, se presentan los TPDS para la vía analizada.

Tabla 8 TPD.

TPD - PROYECTADO									MIXTOS
AÑO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	
2021	152	50	0	5	0	0	0	0	207
2022	153	50	0	5	0	0	0	0	208
2023	154	50	0	5	0	0	0	0	209
2024	156	50	0	5	0	0	0	0	211
2025	158	51	0	5	0	0	0	0	214
2026	160	52	0	5	0	0	0	0	217
2027	162	53	0	5	0	0	0	0	220
2028	164	54	0	5	0	0	0	0	223
2029	166	55	0	5	0	0	0	0	226
2030	168	56	0	5	0	0	0	0	229
2031	170	57	0	5	0	0	0	0	232
2032	172	58	0	5	0	0	0	0	235
2033	174	59	0	5	0	0	0	0	238
2034	176	60	0	5	0	0	0	0	241
2035	178	61	0	5	0	0	0	0	244
2036	180	62	0	5	0	0	0	0	247
2037	182	63	0	5	0	0	0	0	250
2038	184	64	0	5	0	0	0	0	253
2039	186	65	0	5	0	0	0	0	256
2040	188	66	0	5	0	0	0	0	259
2041	190	67	0	5	0	0	0	0	262

Uno de los entregables proyectados por el ingeniero Félix es el número de ejes equivalentes a continuación se presenta el valor presentado por el y el valor finalmente adoptado por esta consultoría.

Tabla 9. Numero de ejes equivalentes acumulados de acuerdo a la información presentada por el Ingeniero Felix Pulido

EJES EQUIVALENTES DE 80 KN - ACUMULADOS								MIXTOS
MOTOS	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	
0	0	0	5	0	0	0	0	5
0	0	0	10	0	0	0	0	10
0	0	0	15	0	0	0	0	15
0	0	0	20	0	0	0	0	20
0	0	0	25	0	0	0	0	25
0	0	0	30	0	0	0	0	30
0	0	0	35	0	0	0	0	35
0	0	0	40	0	0	0	0	40
0	0	0	45	0	0	0	0	45
0	0	0	51	0	0	0	0	51
0	0	0	56	0	0	0	0	56
0	0	0	61	0	0	0	0	61
0	0	0	66	0	0	0	0	66
0	0	0	71	0	0	0	0	71
0	0	0	76	0	0	0	0	76
0	0	0	81	0	0	0	0	81
0	0	0	86	0	0	0	0	86
0	0	0	91	0	0	0	0	91
0	0	0	96	0	0	0	0	96
0	0	0	101	0	0	0	0	101
0	0	0	106	0	0	0	0	106

Para el cálculo desarrollado por el método de INVIAS se debe establecer los ejes equivalentes que han de pasar por el carril de diseño durante el periodo de diseño en un año, Es por esto que se complementó la tabla en la parte inferior, con los ejes equivalentes de 80 KN multiplicado por los 365 días del año.

Para el cálculo desarrollado por el método de la PCA 84 se debe establecer la composición vehicular final proyectada a continuación se presenta el valor presentado por el Ingeniero Felix Pulido.

Tabla 10. Composición vehicular proyectada TPDA de acuerdo a la información presentada por el Ingeniero Felix Pulido

EJES EQUIVALENTES DE 80 KN									
fd	0	0	1	1,01	2,72	3,72	4,88	5,23	MIXTOS
AÑO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	
2021	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2022	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2023	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2024	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2025	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2026	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2027	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2028	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2029	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2030	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2031	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2032	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2033	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2034	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2035	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2036	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2037	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2038	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2039	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2040	0	0	0	5	0	0	0	0	5
2041	0	0	0	5	0	0	0	0	5

Tabla 11. Rangos típicos de ejes vehiculares PCA

Curva de Transito	***Descripción de uso de cada Pavimento***	***Ejes Estándar Equivalentes en 20 años de servicio***
T5	Patios, Terrazas, veredas peatonales y pabellones de exposición	0
T4	Entradas en conjuntos habitacionales, Estacionamientos (Solo Autos), calles o pasajes residenciales con menos de 15 vehículos comerciales al día.	$0 – 4.5 \times 10^4$
T3	Vías Locales, calles residenciales (15 a 50 Veh.com./día) Estaciones de Servicio y Estacionamientos comerciales	$4.5 \times 10^4 – 1.4 \times 10^5$
T2	Vías Colectoras (50 a 150 veh. Com./día) Terminales de Buses	$1.4 \times 10^5 – 4.5 \times 10^5$
T1	Vías Principales (150 a 500 veh. Com. /día)	$4.5 \times 10^5 – 1.4 \times 10^6$
T0	Vías intercomunales importantes, avenidas (500 a 1500 veh. Com. /día)	$1.4 \times 10^6 – 4.5 \times 10^6$
Periodo de diseño de 20 años		

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE

En la tabla a continuación se presenta un resumen de los ensayos realizados a las exploraciones geotécnicas adelantadas, la clasificación general del terreno no cambio de forma significativa, sin embargo, los espesores de mantos superficiales de baja resistencia con expresiones orgánicas si presento una variación significativa.

Tabla 12. Resumen exploraciones tipo Apique

APIQUE	W nat. (%)	LL (%)	IP	GRANULOMETRIA			SUCS	AASHTO	Expansión (%)	C.B.R 0.1"	C.B.R 0.2"
				GRAVA	ARENA	(%)P200					
APQ - 1	11.23%	22.83%	5.72%	3.9%	58.2%	37.9%	SC - SM	A-4	-0.32%	3.89	2.6

De acuerdo con los resultados arrojados en los estudios de suelos, se aprecia que el valor del CBR en el apique 1 se encuentra por debajo del mínimo admisible (3%), es por esto que se propone mejoramiento de la subrsante a continuación.

$$CBR_{Inicial} = 2.6\%$$

Tabla 13. Mejoramiento con material granular tipo afirmado

Mejoramiento con material tipo afirmado		
CBR (srte)		2,6
CBR (gran)		15
Espesor Gran	**h**	20 cm
Relacion	**n**	1,65
Radio Carga	**a**	15 cm
E (srte)		257,18 kg/cm2
E (gran)		898,82 kg/cm2
E (equiv)		457,81 kg/cm2
CBR (equiv)		**5,83**

$$E_{Equiv} = \frac{E_{Srte}}{1 - \frac{2}{\pi}(1 - \frac{1}{n^{3.5}})tan^{-1}(n\,\frac{h_{Gran}}{2a})}$$

$$CBR_{Diseño} = 5.83\%$$

4.3 DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

4.3.1 Metodología Invias.

La Asociación Internacional Permanente de Congresos de Rutas -AIPCR- desarrolló en los años 1980 una guía para seleccionar el tipo de pavimento según las condiciones bajo las cuales se desea construir. Esa guía se actualiza permanentemente y en el año 2005 se hizo la última actualización; el primer paso para el dimensionamiento del pavimento rígido es establecer la categoría de la vía.

Tabla 14. Categoría de tránsito para la selección de espesores.

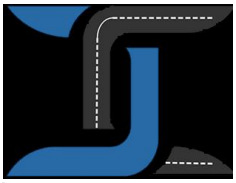
Categoría	Tipo de vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2t
To	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1´000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1´000.000 a 1’500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP–MC–CC)	501 a 1.000	1´500.000 a 5´000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP–MC–CC)	1.001 a 2.500	5´000.000 a 9´000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP–MC–CC)	2.501 a 5000	9´000.000 a 17´000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP–MC–CC)	5.001 a 10.000	17´000.000 a 25´000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP–MC–CC)	Más de 10.001	25´000.000 a 100´000.000

Según los ejes acumulados de 8.2 toneladas de la Carrera 8 con carrera 3 este y 3A este ubicada en el barrio el recreo, esta vía se categoriza como tipo T0.

Subrsante: Para el diseño del pavimento debemos categoriza la subrasante dependiendo del valor del CBR escogido, en el caso de este tramo fue del 5.83%, corresponde a la clase S3.

Tabla 15: Clasificación de la subrsante de acuerdo con su resistencia.

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



Material de soporte para el pavimento de concreto: En este caso todas las vías del proyecto, el pavimento estará apoyado sobre un pase granular es por esto que para la siguiente tabla adoptamos la denominación de BG.

Tabla 16: Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto.

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

Características del concreto para pavimentos. Para esta tabla se escoge la cualidad flexotracción del concreto que se mide a través del ensayo Resistencia a flexión del concreto; se diseñara el concreto con una resistencia a la flexotracción de 42 kg/cm^2 que corresponde a la descripción MR3

Tabla 17: Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (módulo de rotura)

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

Transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral: Existen dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga(dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos laterales del pavimento, como son las bermas, bordillos y los andenes, para este proyecto el pavimento rígido tendrá las dovelas y el confinamiento lateral.

Tabla 18: Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral.

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

Una vez se tienen todas las variables claras pasamos a escoger la tabla según el transito luego, entramos a la tabla con las otras variables las cuales son: el tipo de suelo (S), en este caso el pavimento tiene Dovelas (D) y bermas laterales (B), pasamos a los datos verticales el cual tenemos que el pavimento estará apoyado en una base granular (BG).

Tabla 19: Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo a la combinación de variables y T0 como factor principal.

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

Donde obtenemos un espesor de losa de 19 cm para la estructura de pavimento.

4.3.2 Metodología AASHTO 93

Es un método mecanicista el cual recopila la experiencia adquirida de los usuarios del método AASHTO – 72, en el cual se tienen nuevas consideraciones, tales como confiabilidad, Módulos de elasticidad de la subrasante y demás capas, el drenaje y efectos ambientales. Este método solo es aplicable para vías con transito superior a 0.05 x 106 ejes equivalentes de 8.2 Toneladas.

De forma empírica para el diseño de pavimentos rígidos se propone la siguiente formula:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r S_0 + 7.35\log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left[\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right]}{1+\frac{1.64x10^{-7}}{(D+1)^{8.45}}} + (4.22 - 0.32Po)\log\frac{[S`c\ Cd\ (D^{0.75} - 1.132)]}{\left[215.63J\left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}}\right]\right]}$$

Para el adecuado dimensionamiento de la estructura de pavimento es necesario tener en cuenta las variables a analizar:

Comportamiento en el tiempo: Para este punto se tiene en cuenta el periodo de diseño de la estructura, tomándose como el tiempo que dura una estructura inicial de un pavimento antes de que requiera rehabilitación. También se refiere al lapso entre dos rehabilitaciones sucesivas.

Confiabilidad: Es la probabilidad de que una sección de pavimento, diseñada se comporte de forma satisfactoria bajo las condiciones de tránsito y clima previstas durante el periodo de diseño, esto busca incorporar algún grado de certidumbre al proceso de diseño.

Tabla 20. Factor de Confiabilidad Metodología AASHTO 93

CLASIFICACIÓN	FACTOR DE CONFIABILIDAD	
	Urbano	Rural
Autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Otras Carreteras	80 - 99	75 – 95
Colectoras	80 - 95	75 – 95
Locales	50 - 80	50 – 80
Confiabilidad tomada		95

El error en la predicción del comportamiento desarrollado en los tramos de ensayo fue de 0.35 para los pavimentos rígidos.

Los valores de error estándar combinado de la predicción del tránsito y la predicción del comportamiento (Z_R).

Tabla 21. Distribución e confiabilidad vs. Error Estándar

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

El transito: El método se basa en el número de ejes equivalentes 18 Kips (8.2 Ton) en el carril de diseño.

Efectos Ambiente: El método tiene en cuenta los factores ambientales tales como cambios de temperatura y humedad, resaltando el efecto que estos producirían en la durabilidad y capacidad de resistir las cargas. Además, tiene en cuenta el efecto directo de la expansión de la subrasante.

Criterio de comportamiento: Es la capacidad que tiene una estructura de prestar un buen servicio al tránsito. Este se evalúa a través del índice de servicio presente (PSI), el cual varía de 0 a 5.

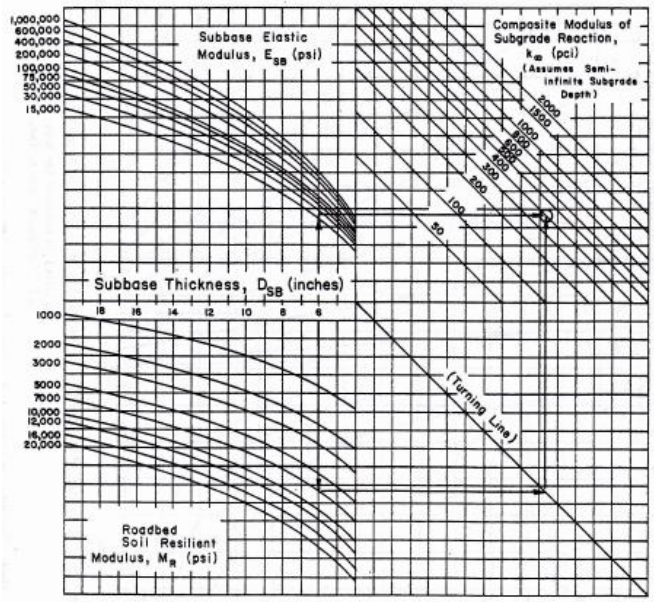
$$\Delta PSI = P_0 - P_1 = 4.50 - 2.00 = 2.50$$

Propiedades de los materiales: En esta metodología se utiliza como parámetro de resistencia el módulo resiliente MR de la subrasante, para efectos prácticos existe una relación entre CBR (Relación de Carga de California) y el MR.

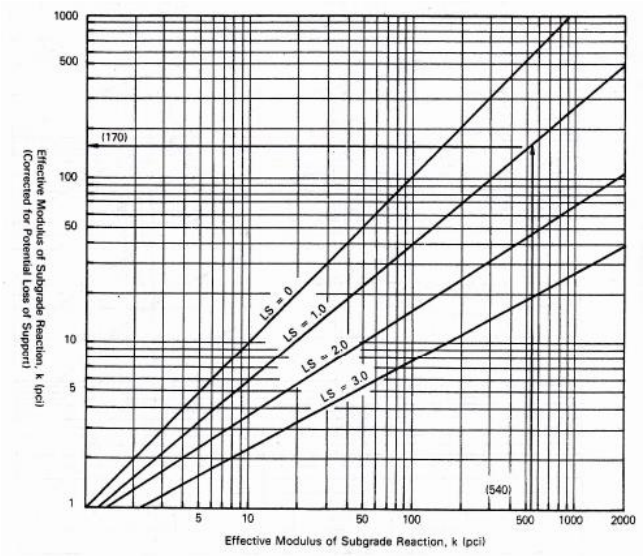
$$MR\ (psi) = 1500\ CBR$$

Expresión que se considera razonablemente aproximada para suelos finos con un CBR sumergido no mayor de 10. La caracterización de las diferentes capas de pavimento se efectúa a través de sus módulos de elasticidad. Para los materiales granulares se debe tener un módulo de reacción promedio de soporte considerando el aporte generado por materiales granulares.

Gráfica 13. Módulo de reacción de soporte



Gráfica 14. Factor de Perdida de Soporte



Es necesario considerar el valor de pérdida de soporte por potencial de erosión que pueden presentar los materiales granulares.

Drenaje: El método no presenta consideraciones especiales para las estructuras de drenaje, pero los efectos los tiene en cuenta en términos de la influencia del agua tanto el material granular y la subrasante (potencial erosivo, perdida de resistencia).

La calidad del drenaje se mide mediante el tiempo de permanencia del agua en la estructura. Tabla 13.

Tabla 22. Correlación de Drenaje

Tiempo de Evacuación	Calidad del Drenaje
2 Horas	Excelente
1 Día	Bueno
1 Semana	Aceptable
1 Mes	Pobre
No drena	Muy Pobre

Los coeficientes de capa van afectados por los valores m_i, los valores m_i son una relación entre la calidad de drenaje y el tiempo en el año durante el cual se espera que el pavimento este normalmente expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación. Tabla 14.

Tabla 23. Coeficiente de Drenaje

Calidad de Drenaje	% de tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximo a la saturación			
	<1%	1 – 5%	5 – 25%	>25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
Coeficiente de Drenaje (mi)			1.0	

Igualmente adoptando los criterios presentados en los manuales adoptados para Colombia se tiene en cuenta la precipitación media anual presentada en Gráfica 7. Histograma Precipitación Media Anual para poder estimar en mejor medida el Coeficiente de drenaje:

Tabla 24. Coeficiente de Drenaje INVIAS

Precipitación mm/año	m_i
< 2000	1.00
2000 - 4000	0.90
> 4000	0.80

Módulo de Rotura: Una de las variables fundamentales dentro del diseño de la estructura de pavimento rígido, es la resistencia a la flexo – tracción del concreto variable de entrada que se pueda estimar por medio de los ensayos de resistencia de vigas de concreto normalizadas cargadas en el centro y en dos tercios de la luz. El módulo de rotura adoptado para el proyecto corresponde a una resistencia a la compresión de 4000 PSI considerando las solicitaciones del proyecto MR = 630PSI = 42 Kg/cm^2.

El análisis y cálculos de esta metodología estará presente en el ANEXO E

4.3.3 Metodología PCA 84

Esta metodología permite estimar las dimensiones de la estructura de pavimento por medio de dos conceptos fundamentales, las cuales por medio de metodologías racionales se estiman y definen el comportamiento general de la estructura de pavimento en su periodo de diseño frente a las solicitaciones establecidas o estimadas. Los dos conceptos fundamentales a tener en cuenta dentro de esta metodología son:

Fatiga: Evaluación del comportamiento del pavimento rígido frente a la acción de cargas repetitivas, condición que se encuentra influenciada por la resistencia a la flexo tracción del concreto y los sistemas de transferencia de cargas que se presentaran en el proyecto.

Erosión: Evaluación de comportamiento que permite controlar los efectos de la deformación en los bordes de la losa (fallas típicas de bombeo), permite controlar el desnivel de las losas y el deterioro de la berma.

Dentro de las variables de entrada para el diseño de pavimentos rígidos se presentan:

- Período de diseño: 20 años:
- Módulo de reacción de la subrasante. Se tomó en cuenta el CBR de diseño estimando un Mr=51.38 Mpa/m con 15.0 cm de material granular seleccionado tipo Base, este valor es adoptado del análisis desarrollado por el método PCA 84.
- La mezcla a utilizar debe garantizar una resistencia a la flexión del concreto de MR = 4.5 MPa
- Factor de seguridad de carga, F.S.C = 1.0 – Vías Urbanas en las que se espere un vol. Moderado de transito
- Pavimento con bermas de concreto y con pasadores.

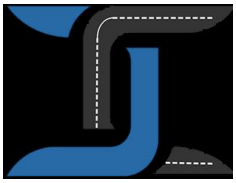


Tabla 25. Análisis Método PCA 84

PCAcálculo

DISEÑO PARA PAVIMENTO RÍGIDO METODOLOGÍA PCA-84

Nombre del Proyecto: EL RECREO
Descripción:

Periodo de Diseño: 20 años
Espesor de Losa: 120.00 mm
Módulo de rotura (MR): 4.20 Mpa
Espesor de Subbase: 150.0 mm
Base tratada con Cemento: No
CBR de subrasante: si
Módulo de reacción (K): 51.38 Mpa/m
Factor de seguridad: 1.00
Unión con Dovelas: Si
Pavimento con Bermas: Si

EJES SIMPLES:

			Análisis de fatiga		Análisis de erosión
Carga por eje KN	Multiplicado por F.S	Expectativa de repeticiones	Repeticiones admisibles	porcentaje de fatiga	Repeticiones admisibles	porcentaje de erosión
59	59	38325	1319103	2.91	5357836	0.72
108	108	0	19	0.00	60718	0.00

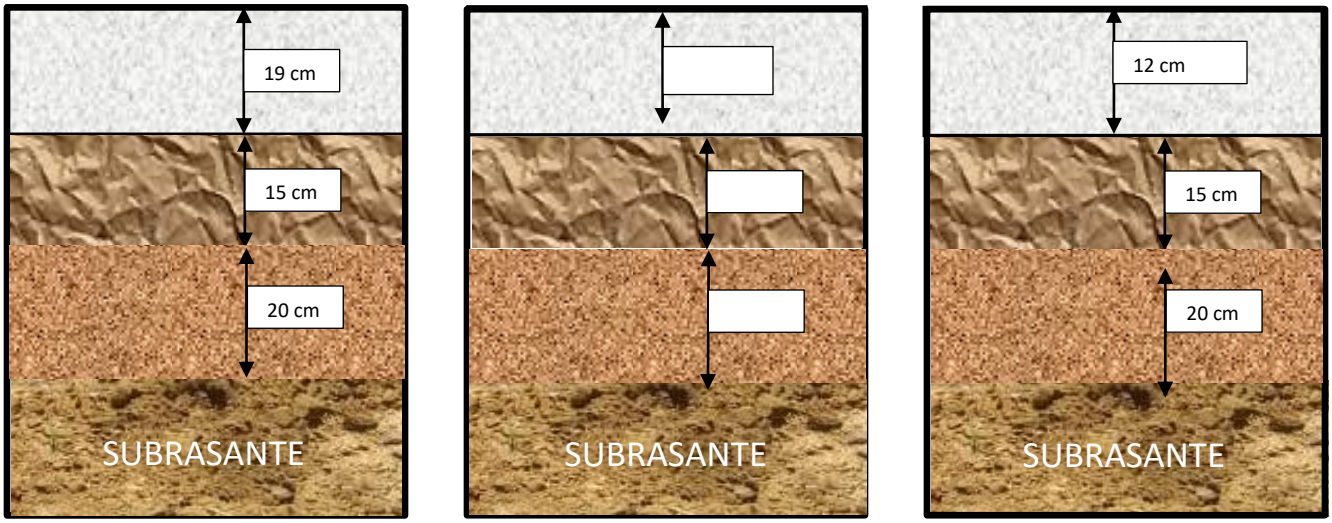
EJES TÁNDEM:

			Análisis de fatiga		Análisis de erosión
Carga por eje KN	Multiplicado por F.S	Expectativa de repeticiones	Repeticiones admisibles	porcentaje de fatiga	Repeticiones admisibles	porcentaje de erosión
231	231	0	232	0.00	56712	0.00

PORCENTAJE TOTAL DE FATIGA: 2.91
PORCENTAJE TOTAL DE EROSIÓN: 0.72

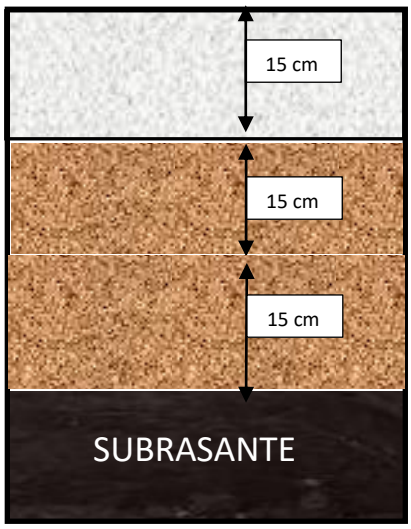
Gráfica 15. Espesor Losa de Concreto de Diseño

INVIAS	AASHTO 93	PCA - 84



De acuerdo a los valores de tolerancia que deben cumplirse según el ARTICULO 500 PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO de las especificaciones del INV Numeral 500.5.2.8 Calidad del producto terminado donde determina que la cota de cualquier punto del pavimento curado no deberá variar en más de cinco milímetros (5 mm) de la proyectada, se considera un espesor final de losa de 15 cm apoyado sobre la subrasante natural.

Gráfica 16. Espesor Losa de Concreto de Diseño



Losa de Concreto de MR = 4.2 MPa de 15.0 cm de espesor

Base Granular CBR > 90 de 15.0 cm de espesor

Material de mejoramiento tipo Afirmado CBR > 15 de 30.0 cm de espesor

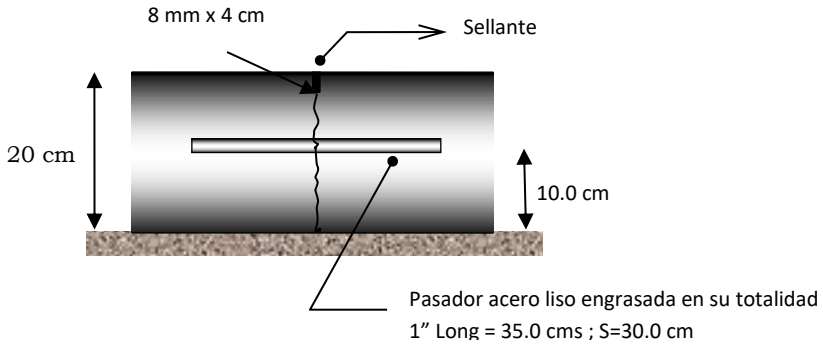
Suelo areno limoso de color gris oscuro con algo de plasticidad y humedad media

Debido a que el espesor de losa no debe ser inferior a 15 cm, este se adopta como valor final.

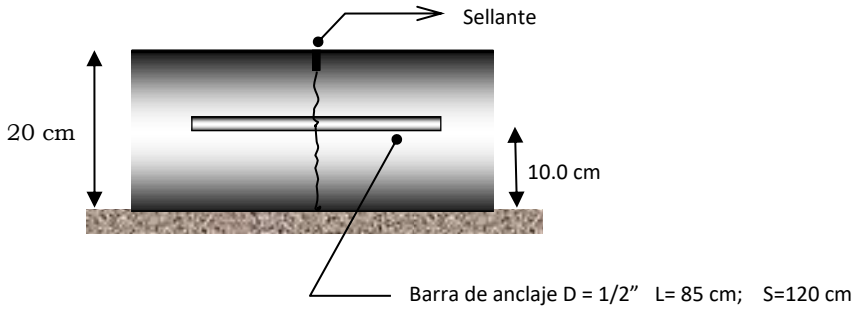
4.3.4 Diseño de juntas

Las juntas en los pavimentos de concreto son necesarias para controla las grietas longitudinales y transversales, para las condiciones del proyecto se recomiendan desarrollar las juntas con trabazón de agregados:

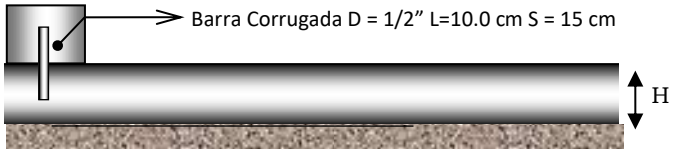
Gráfica 17. Juntas Transversales



Gráfica 18. Juntas Longitudinales

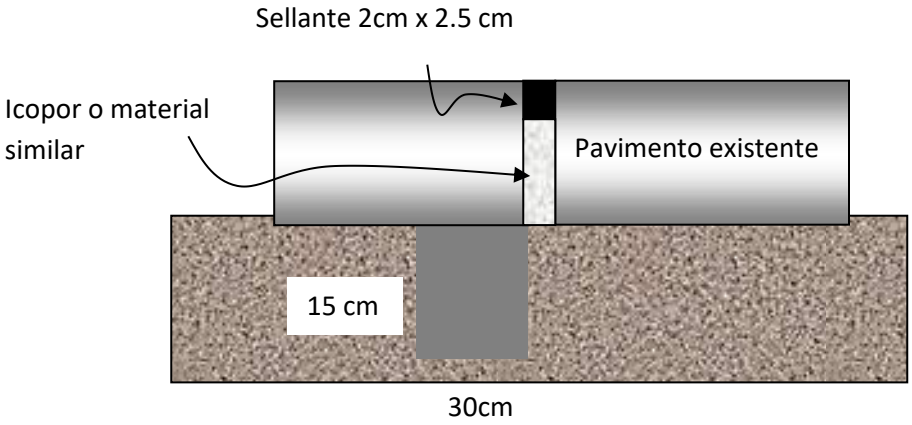


Gráfica 19. Detalle de Sardinel y losa de pavimento rígido



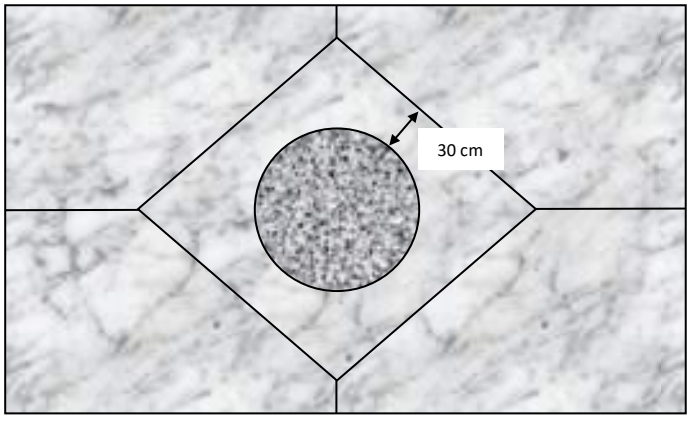
Las Juntas Transversales de expansión tienen como función prevenir los esfuerzos a compresión desarrollados por el cambio de temperatura en las losas.

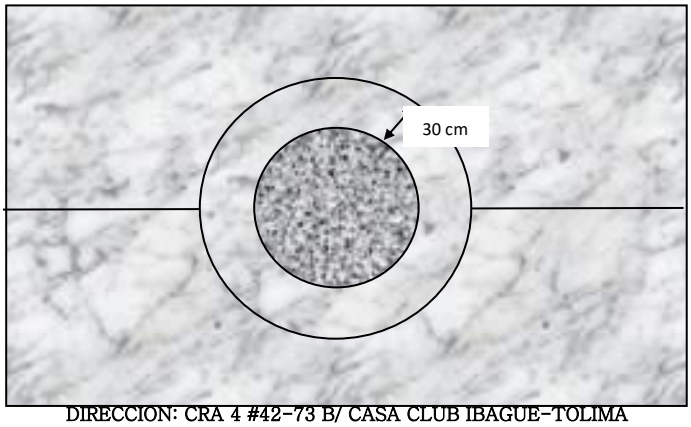
Gráfica 20. Junta de expansión entre el pavimento existente y el pavimento nuevo con Viga inferior



Se recomiendan las siguientes juntas especiales, estas dependen de acuerdo a la disposición previa de las juntas:

Grafica 21. Juntas a Pozos





Espaciamiento

Juntas transversales: Deben estar separadas por una longitud menor igual a 4.5 metros, preferiblemente 2.5 m, sin embargo por la geometría de los accesos del proyecto se propone Losas de 2.0 m x 2.0 m.

Juntas Longitudinales: se construirá una junta longitudinal en la mitad del ancho de la vía permitiendo disminuir los esfuerzos en la losa.

4.3.5 Selladores de juntas

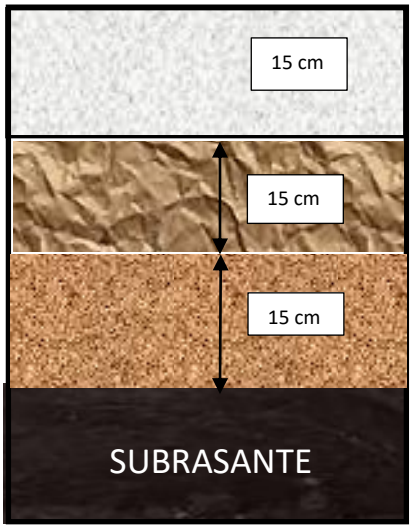
El propósito de estos es minimizar la infiltración del agua superficial y de materiales incompresibles dentro de las juntas, los selladores también disminuyen el potencial de corrosión de las barras de refuerzo, mediante la reducción de la penetración de la humedad, por lo anterior se deberá realizar el sellado de juntas con uno de los siguientes selladores y de acuerdo a los parámetros que propone la norma INVIAS (INVE 500.2.5):

- ***Liquido vertido en caliente:*** Se debe asegurar siempre que el material de sello se prepare a las temperaturas recomendadas, pues su control exacto es importante para lograr las propiedades deseadas del sellador
- ***Silicona:*** Los procedimientos de colocación son similares a los que se usan para los materiales vertidos en caliente, las siliconas requieren un tiempo de curado de unos 30 minutos, antes de la apertura al tráfico para que desarrollen la adherencia suficiente.
- ***Tirilla de Respaldo o Cordón:*** Preferiblemente se utilizan espumas de polietileno que garanticen su buen funcionamiento dentro de la junta.
- ***Sellos preformados:*** Para la utilización de cualquier producto de sellado se recomienda ponerse en contacto con el fabricante, para consultar sobre el proceso de colocación y curado.

5 CONCLUSIONES

- De manera general se reporta suelos areno limoso arcilloso con índices de plasticidad que no superan el 6%, se permite observar en su granulometría que sobresale el porcentaje de arenas y finos, encontrando una pequeña de fracción de gravas en el apique 1, esta clasificación en las exploraciones indica una marcada homogeneidad.
- Los valores de CBR entre las exploraciones presentan una heterogeneidad en sus muestras, los valores de CBR presentan porcentajes que oscilan entre el 3% y el 9%, además se permite apreciar una contracción en el suelo no superior al 1% al ser sometida a procesos de saturación.
- Se reporta una baja resistencia en la subrasante bajo procesos de saturación por tal motivo se recomienda un geotextil de separación que evite la migración de finos.
- Si se llega a presentar un perfil estratigráfico o del terreno diferente a los citados en este informe es necesario informar y solicitar la visita del ingeniero geotecnista.
- El perfil consignado dentro del informe corresponde a las condiciones encontradas de humedad y consistencia de la época en la cual se desarrolla la exploración geotécnica.
- Se recomienda realizar un una verificación y mejoramiento en las zonas donde se presenten cambios en la subrasante.
- Si bien se presentan algunas diferencias en el suelo de fundación en las exploraciones geotécnicas desarrolladas, las dimensiones de la estructura de pavimento rígido fueron definidas por diferentes metodologías y buscaron estimar bajo puntos de vista muy conservadores, a continuación, se presenta la estructura final de diseño.

Gráfica 22. Espesor de Diseño Final



Losa de Concreto de MR = 4.2 MPa de 15.0 cm de espesor

Base Granular CBR > 90 de 15.0 cm de espesor

Material de mejoramiento tipo Afirmado CBR > 15 de 25.0 cm de espesor

Suelo areno limoso de color gris oscuro con algo de plasticidad y humedad media

- Se recomienda proyectar un filtro longitudinal que permita controlar la entrada de agua a la estructura de pavimento esto considerando las características del suelo al estar en contacto con el agua.
- Es de vital importancia implementar un geotextil en la estructura para evitar la migración de finos debido a las características del suelo.
- Donde exista superficie contaminada (materia orgánica) o se observe irregularidades se recomienda escarificar la rasante existente, retirando el material contaminado y luego se deberá conformar y adecuar con el material de préstamo granular (afirmado) que aportara como relleno, compactándose a la humedad óptima a una densidad mínima del 95% según su proctor modificado. Recomendar aproximaciones de espesores mínimos de intervención seria especular al respecto, se debe esperar a las labores de campo (intervención).

Alineamiento vertical:

- No deben ser menores del 0.5 %.
- Evitar los cambios de pendiente que provoquen estancamiento de agua.

Sección transversal:

- Es aconsejable tener un bombeo que varía entre 2.0 % y 4%.
- El bombeo debe construirse desde el nivel de la subrasante, de manera que todas las capas tengan un espesor uniforme y se eviten problemas si llueve durante la construcción.
- No se deben dar las pendientes de diseño hasta que no se hayan construido las obras de drenaje.

Sumideros:

- Construcción de Sumideros de acuerdo a estudio hidráulico
- Realizar mantenimiento periódico a los sumideros que se construyan.

Tabla 26 Cantidades Aproximadas

Item	*Cantidad*	*Unidad*
Losa de Concreto 4.2 Mpa		m^3
Material Granular tipo BG		m^3
Excavación en material común		m^3

6 ANEXOS

ANEXO A. REGISTRO FOTOGRÁFICO



ANEXO B. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

A continuación, se presentan los perfiles estratigráficos obtenidos a partir de las dos exploraciones geotécnicas realizadas sobre la vía.

PROYECTO:	CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2092 DEL 14 DE OCTUBRE DE 2021 - VIA ESPNIAL - CARRERA 8 ENTRE CARRERA 3 ESTE Y 3A ESTE - EL RECREO		
SOLICITANTE:	CONSORCIO LA TAMBORA	FECHA DE ELABORACIÓN:	20/01/2022
ELABORO :	PAULA ANDREA CASTELLANOS SOTELO	CONDICIÓN CLIMÁTICA:	SOLEADO
DESCRIPCIÓN:	APIQUE 35 - EL RECREO		

REGISTRO FOTOGRÁFICO	PERFIL ESTRATIGRÁFICO			CBR		PDC
	ESPESOR	DESCRIPCIÓN		0.1	0.2	(mm / golpe)
	0.0 - 0.35 m	Material granular de color gris a beige con abudante presencia de particulas de tamaño maximo 2" de alta resistencia				
	0.35 - 1.20 m	Sueloa areno limoso de color gris oscuro con unas pocas betas café oscura		3.89	2.6	
		Pasa No. 4 = 96.1%	Limite Liquido = 22.83%			
		Pasa No. 200 = 38.0%	Indice de Plasticidad = 5.72%			
		AASHTO = A-4	USCS = SM			

ANEXO C. ENSAYOS DE LABORATORIO

Apique 1

PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2092 DEL 14 DE OCTUBRE DE 2021 - VIA ESPNIAL - **CARRERA 8 ENTRE CARRERA 3 ESTE Y 3A ESTE - EL RECREO**

SOLICITANTE: CONSORCIO LA TAMBORA — FECHA DE RECEPCION: 20/01/2022

DESCRIPCION: EXP. MANUAL 35 MUESTRA 1 — PROF. 0.55 m. — FECHA DE ELABORACION: 26/01/2022

DETERMINACION EN LABORATORIO DE HUMEDAD DEL SUELO
INV E - 122 - 13

Peso Recipiente	Peso Rec. + Muestra Humeda	Peso Rec. + Muestra Seca	Humedad
61.3 g	476.2 g	434.3 g	11.23%

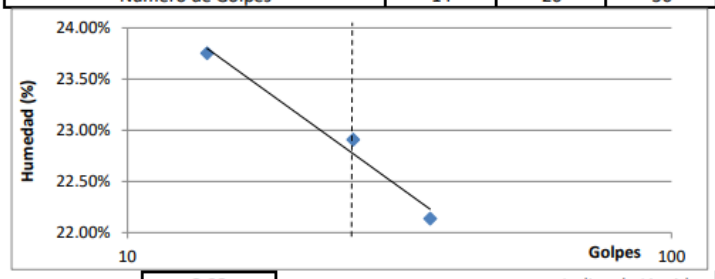
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
INV E -123 - 13

PESO ANTES DEL LAVADO 373 g — PESO DESPUES DEL LAVADO 231.4 g

TAMIZ	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE ACUMULADO	PORCENTAJE PASA
No. 4	4.75	14.4 g	3.9%	3.9%	96.1%
No. 10	2.00	15.4 g	4.1%	8.0%	92.0%
No. 40	0.43	76.5 g	20.5%	28.5%	71.5%
No. 200	0.075	125.1 g	33.5%	62.0%	38.0%
P 200		141.6 g	38.0%		
		373 g			

DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO EN SUELOS
INV E - 125 - 13 - 126 - 13

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
Recipiente	1	2	3	5	6
Peso de Recipiente + Muestra Humeda	19.45	22.5	20.66	11.19	10.57
Peso de Recipiente + Muestra Seca	16.74	19.46	18.05	10.44	9.8
Peso de Recipiente	5.33	6.19	6.26	5.9	5.45
Humedad	**23.75%**	**22.91%**	**22.14%**	**16.52%**	**17.70%**
Numero de Golpes	14	26	36		



Limite Liquido	
LL	22.83%
Limite Plastico	
LP	17.11%
Indice de Plasticidad	
IP	5.72%

Consis. Relativa:	2.03	Indice de Liquidez:	-1.03
SUCS:	SC - SM	AASHTO:	A - 4

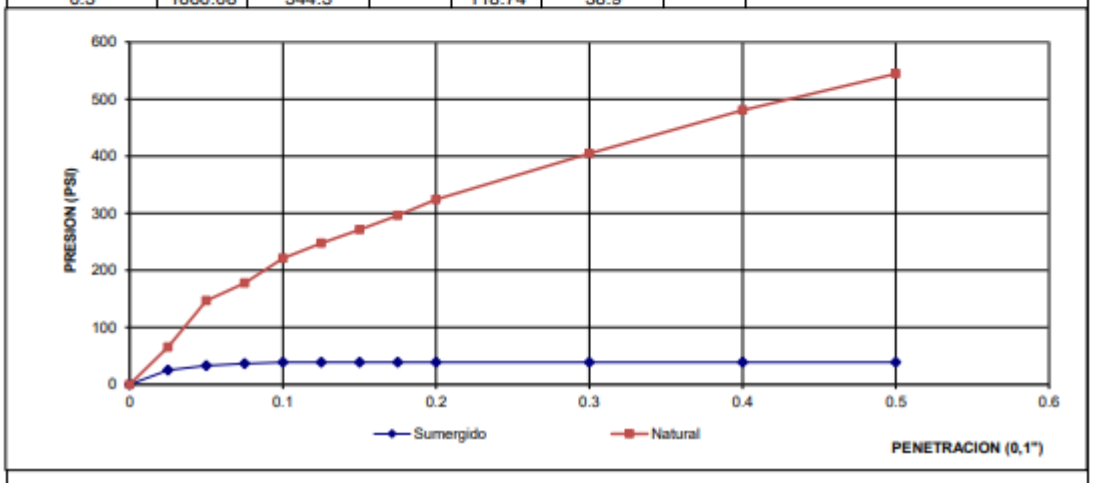
PROYECTO : CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2092 DEL 14 DE OCTUBRE DE 2021 - VIA ESPNIAL - **CARRERA 8 ENTRE CARRERA 3 ESTE Y 3A ESTE - EL RECREO**

SOLICITANTE: CONSORCIO LA TAMBORA
DESCRIPCIÓN : APIQUE 35

FECHA DE RECEPCIÓN : 20/01/2022
FECHA DE EJECUCIÓN : 25/01/2022

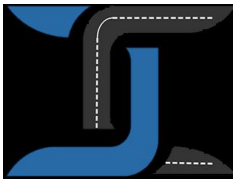
W PENETRACION (%)					14.82%	
EXPANSION (%)					-0.323%	
PENETRACION	INALTERADO			SUMERGIDO		
	CARGA (LB)	PRESION (PSI)	CBR (%)	CARGA (LB)	PRESION (PSI)	CBR (%)
0	0.000	0		0.000	0	
0.025	199.84	65.5		76.17	25.0	
0.05	448.07	146.9		100.81	33.1	
0.075	542.16	177.8		112.02	36.7	
0.1	674.34	**221.1**	***22.11%***	118.74	**38.9**	***3.89%***
0.125	754.99	247.5		118.74	38.9	
0.15	826.68	271.0		118.74	38.9	
0.175	902.85	296.0		118.74	38.9	
0.2	987.98	**323.9**	***21.60%***	118.74	**38.9**	***2.60%***
0.3	1234.42	404.7		118.74	38.9	
0.4	1465.17	480.4		118.74	38.9	
0.5	1660.08	544.3		118.74	38.9	

Clasificación Suelo	
Grava (%)	3.9%
Arena (%)	58.2%
P 200 (%)	37.9%
Limite Liquido	22.83%
Limite Plastico	17.11%
Indice de Plasticidad	5.72%
Humedad Nat.	11.23%
USCS	SC - SM
AASHTO	A - 4



ANEXO D. UBICACIÓN PERFORACIONES





ANEXO E.