COMPLEMENTO ESTRUCTURA PAVIMENTO EN CONCRERTO RIGIDO

AVENIDA AMBALA (CARRERA 9), DEDE LA CALLE 103 HASTA LA PLAZA DE MERCADO EL SALADO Y DESDE LA PLAZA DE MERCADO EL SALADO HASTA EL PUENTE SOBRE EL RIO ALVARADO (CARRERA 14) DE LA COMUNA 7 DEL MUNICIPIO DE IBAGUE

DISEÑO

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL DE IBAGUE

SECRETARIA INFRAESTRUCTURA Y HABITAT DE LA GOBERNACION DEL TOLIMA

RESPONSABLE

INGENIERO CIVIL JOSE HERNAN RIOS RIAÑO

ESPECIALISTA EN DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS

INGENIERO CIVIL HUMBERTO GONZALEZ

ESPECIALISTA EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS

REVISÓ

ING CIVIL. MARCO MATHEUS SAAVEDRA

SECRETARIO INFRAESTRUCTURA ALCALDIA MUNICIPAL DE IBAGUE

ING. CIVIL. SANDRA LILIANA GARCIA COBOS

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA Y HABITAT DE LA GOBERNACION DEL TOLIMA

2025

CONTENIDO

1. DESCRIPCION 6
2. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 7
2.1 Estudio de Tránsito 7
2.1.1 Esquema estación de aforo avenida Ambala con la calle 123 8
2.1.2 Esquema estación de aforo avenida Ambala con la calle 143 8
2.2 proyecciones de tránsito 9
2.3 periodo de diseño 9
2.3.1 W18 (número de ejes equivalentes de 8.2 Tn) máximo tránsito 10
2.4 ESTUDIOS DE SUELOS 10
2.4.1 Estudio de suelos desde la calle 103 hasta calle de la 158 avenida Ambala 11
2.4.2 Estudio de suelos desde la calle de la 158 avenida Ambala hasta el puente sobre el rio Alvarado 25
2.4.3 Análisis del CBR de diseño 28
2.5 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES 30
2.5.1 Módulo resiliente de la subrasante 30
2.5.2 Características de los materiales estudio de fuentes 30
2.5.3 Climatología 31
3. ESTRUCTURA SUGERIDA PAVIMENTO RÍGIDO DISEÑADA POR EL 33
MÉTODO INVIAS 33
Consideraciones básicas de diseño 33
3.1 Tránsito 33
3.2 Periodo de diseño 34
3.3 La subrasante 34
3.4 Material de soporte para el pavimento 35
3.5 Características del concreto para pavimento 36
3.6 Módulo de rotura 36
3.7 Módulo de elasticidad 37
3.8 Juntas 37
3.9 Datos de entrada para el diseño 38
4.0 Esquema sugerido 39
4.1 Diseño estructura recomendado 39
4.2 Modulación de las losas y tratamiento 40
4.3 Diseño de juntas Cortes y sellos de las juntas 41
4.4 Sistemas para la transferencia de cargas 42

4.5 Cortes y sellos de las juntas 45
CONCLUSIONES 47
BIBLIOGRAFÍA 52

ILUSTRACIONES

Ilustración 1: localización avenida Ambala desde la calle 103 hasta el puente sobre el rio Alvarado..... 6
Ilustración 2: localización avenida Ambala desde la calle 103 hasta la calle 158 plaza del salado..... 6
Ilustración 3: localización general de la vía a intervenir en la comuna 7..... 6
Ilustración 4: localización general de la vía a intervenir en la comuna 7..... 6
Ilustración 5: Localización sondeos y apiques..... 12
Ilustración 6: Localización sondeos y apiques..... 12
Ilustración 7: Calculo CBR de diseño..... 30
Ilustración 8. Esquema de diseño recomendado..... 40
Ilustración 9: Localización de las juntas longitudinales de doble sentido y ancho “A”..... 41
Ilustración 10: Juntas de expansión en las intersecciones y cerca de algún obstáculo..... 44
Ilustración 11: Juntas de expansión alrededor de elementos incorporados dentro del pavimento..... 44
Ilustración 12: Localización de las juntas en cruce de vías..... 45
Ilustración 13: ejemplo del diseño de juntas..... 45
Ilustración 14 Detalle de juntas..... 46

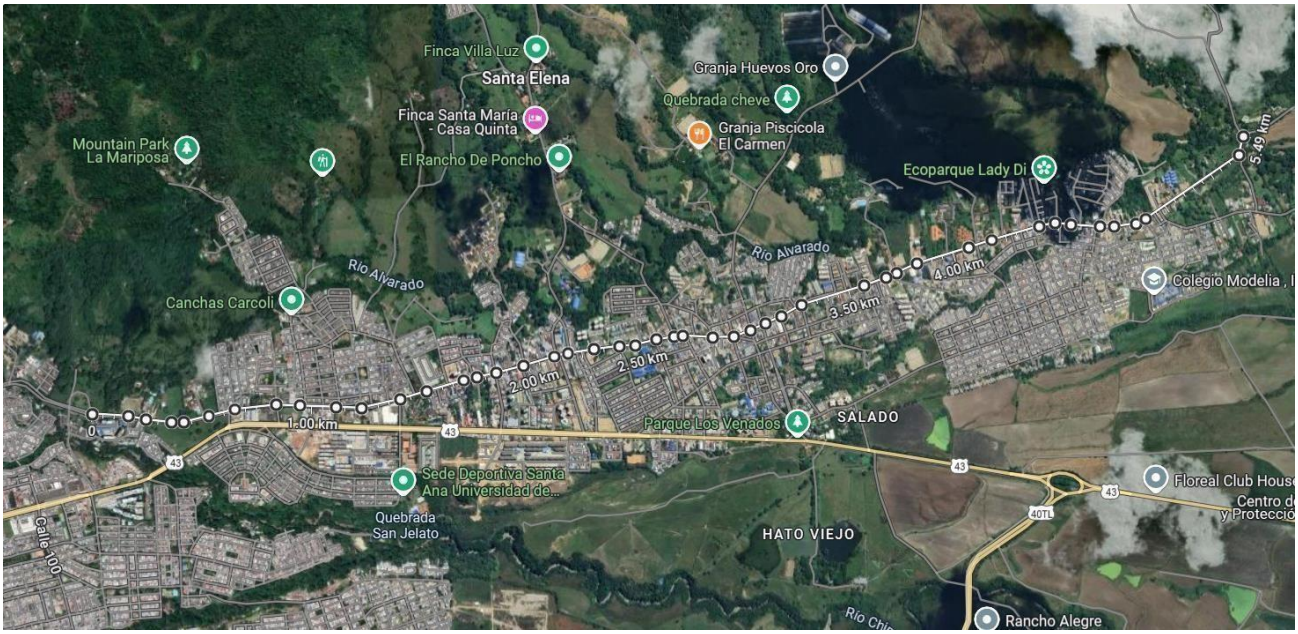
TABLAS

Tabla 1: proyección tránsito a 20 años 9
Tabla 2: Factor distribución direccional 10
Tabla 3: factor direccional por carril 10
Tabla 4: Resumen exploración de campo sondeos y apiques 11
Tabla 5: Resumen apiques CBR 13
Tabla 6: Resultados ensayo de subrasante 25
Tabla 7: Resultado CBR sumergido 26
Tabla 8: Perfil estratigráfico apiques 27
Tabla 9: CBR según estudios de suelos desde la calle 103 hasta el puente sobre el rio Alvarado 28
Tabla 10: Valor percentil por nivel de tránsito 29
Tabla 11: Clasificación CBR de menor a mayor 29
Tabla 12: Definición de las condiciones de drenaje según M. Aashto 31
Tabla 13: Coeficiente de drenaje (Mi) 32
Tabla 14: Categorías de tránsito para la selección de espesores 33
Tabla 15: Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia 34
Tabla 16: Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento en concreto 35
Tabla 17: Valores de resistencias a la flexotraccion del concreto (módulo de rotura) 37
Tabla 18 Denominaciones del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral 37
Tabla 19: Variables consideradas en los análisis de diseño del pavimento 38
Tabla 20: espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T4 como factor principal 39
Tabla 21 Cuadro resumen estructura ver tabla 22 y tabla 23 40
Tabla 22: Recomendaciones para las barras de anclaje 43
Tabla 23: Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga 43

1. DESCRIPCION

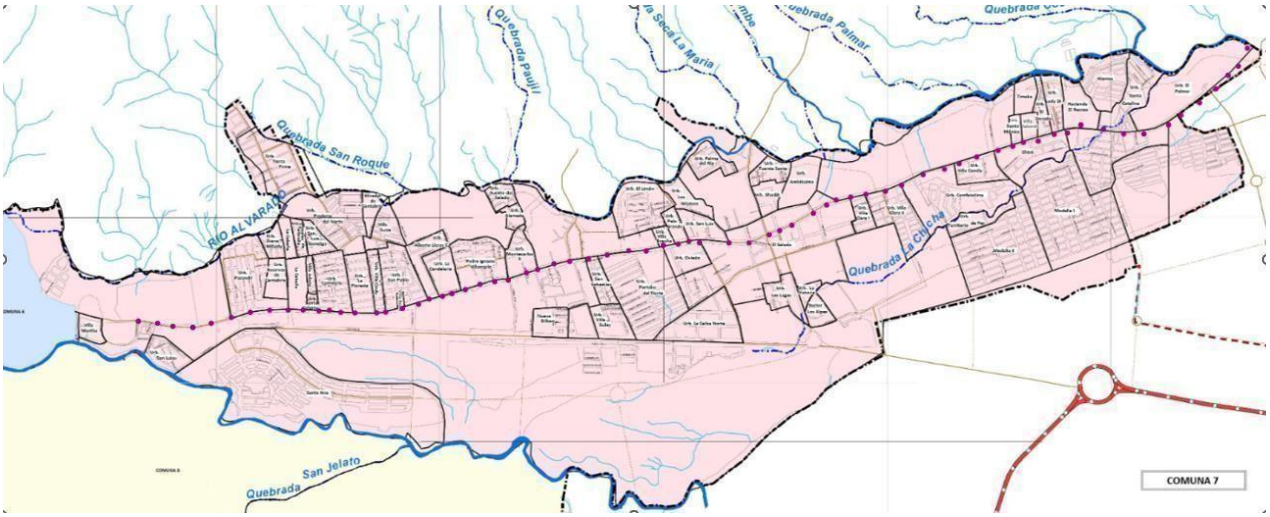
Considerando el estado actual de la superficie de rodadura de la avenida Ambala (carrera 9), el diseño de la estructura de pavimento es prioritario, con el fin de mejorar y optimizar la circulación vehicular, y el bienestar de los residentes y usuarios de la vía

Ilustración 1: localización avenida Ambala desde la calle 103 hasta el puente sobre el rio Alvarado



Fuente: mapa Google

Ilustración 3: localización general de la vía a intervenir en la comuna 7



Fuente: Monumentos de Ibagué comuna.

2. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Para la ejecución del mejoramiento y rehabilitación de la vía avenida Ambala (carrera 9), desde calle 103 hasta la plaza de mercado del salado, y desde la plaza de mercado del salado hasta el puente sobre el rio Alvarado de la comuna 7 del casco urbano del municipio de Ibagué se recomendó

- ✓ Un diseño de estructura de pavimento rígido en concreto se puede presentar el diseño dimensionando la estructura utilizando el método Aastho 93, PCA, o Invias (para el presente diseño se tomó el método de invias)
- ✓ Esta vía debe contar con la certificación del ibal del buen estado de las redes hidráulicas y sanitarias
- ✓ Las capas que conforman la estructura deben cumplir con las especificaciones de invias.

Concreto hidráulico articulo 500
BG: base granular articulo 330-1
CSR: Capa Subrasante mejoramiento 230

En el diseño del pavimento es necesario tener en cuenta varios elementos, de los cuales los más importantes son la capacidad de soporte del suelo, el tránsito que circulará sobre la estructura durante todo su periodo de diseño, las condiciones climáticas y los materiales con que se construirá

Las variables que se tuvieron encuenta para el presente diseño estructura del pavimento de concreto rígido son:.

2.1 Estudio de Tránsito

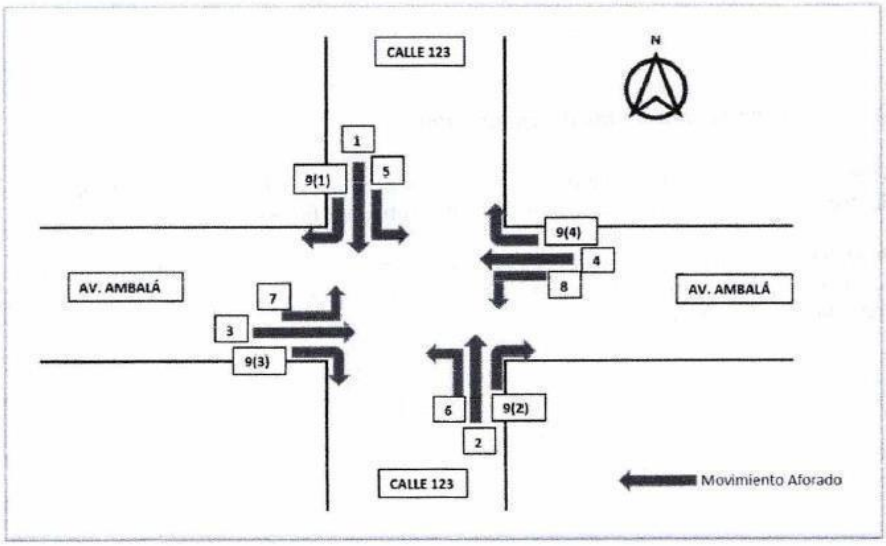
El informe del tránsito se tomó del contrato de consultoría N° 2666 13-09 -2019, Estudio y Diseño para la ampliación de la avenida Ambala desde la calle 103 puente el Progal hasta la plaza del Salado del municipio de Ibagué.

Estaciones de aforo:

Avenida Ambala por la calle 123
Avenida Ambala por la calle 143

Los aforos que se tomaron son los proyectados en el trabajo de consultoría N° 2666, para el año 2024 que es el año 0 del presente diseño de pavimento.

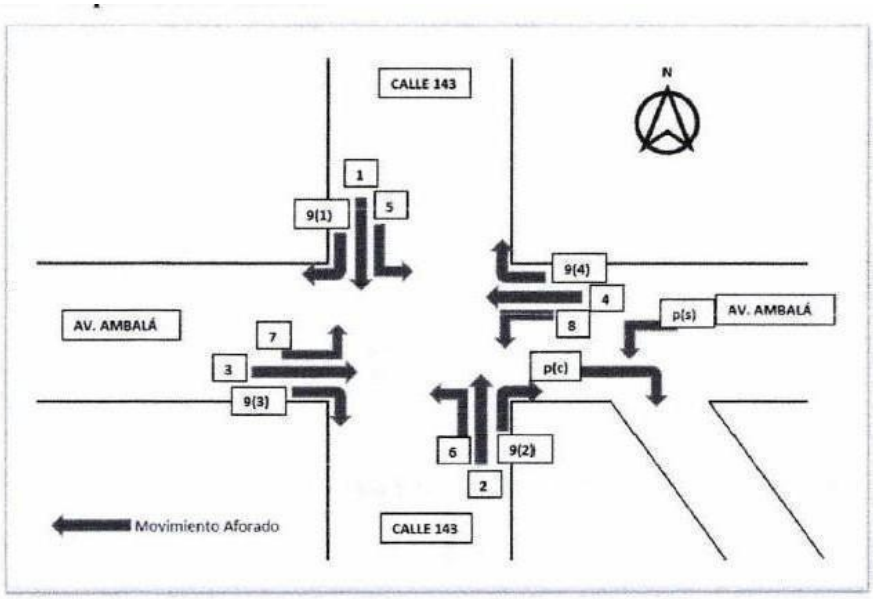
2.1.1 Esquema estación de aforo avenida Ambala con la calle 123



Fuente: contrato de consultoría N° 2666 alcaldía de Ibagué

Esta estación fue aforada como una estación maestra de 18 horas continuas entre 4:00 y 22:00, la hora de mayor demanda en vehículos se presentó entre las 17:45 y 18:45

2.1.2 Esquema estación de aforo avenida Ambala con la calle 143



Fuente: contrato de consultoría N° 2666 alcaldía de Ibagué

Esta estación fue aforada en los tres periodos pico del día, de acuerdo con la información de la estación maestra, luego los periodos de aforo fueron entre la 6:00 am y 9:00 am, 11:00 am y 14:00 pm y finalmente entre 17:00 pm y 20:00 pm, es decir, durante 12 horas.

2.2 proyecciones de tránsito

El procedimiento que utilizó la consultoría fue el de llevar la información de los volúmenes a 24 horas, y posteriormente, a años futuros, para lo cual se utilizaron las tasas de crecimiento estimadas por el Plan Maestro de Movilidad y Espacio Público de Ibagué.

Tabla 1: proyección tránsito a 20 años

PROYECCION TRANSITO PROMEDIO ANUAL									
NUMERO	AÑO	BUSETON	BUSETA	VANS	BUS INTER MUNICIPA	C2P	C2G	>C3	TOTAL DEEJES EQUIVALENTES
0	2024	96931	360747	187588	2824	194204	91654	6089	940037
1	2025	99451	370126	192466	2896	200225	94496	6278	965938
2	2026	101838	379009	197085	2967	205831	97141	6453	990324
3	2027	104558	389242	202406	3046	212418	100250	6660	1018580
4	2028	107830	401309	208681	3141	220277	103959	6906	1052103
5	2029	110849	412546	214524	3228	227326	107286	7127	1082886
6	2030	114064	424509	220745	3322	235055	110934	7370	1115999
7	2031	117082	435743	226586	3409	242324	114364	7598	1147106
8	2032	120180	447273	232582	3500	249817	117900	7833	1179085
9	2033	123360	459109	238736	3593	257542	121546	8075	1211961
10	2034	126625	471257	245054	3688	265506	125305	8324	1245759
11	2035	129975	483727	251538	3786	273717	129180	8582	1280505
12	2036	133415	496528	258194	3886	282181	133174	8847	1316225
13	2037	136945	509666	265027	3989	290907	137293	9121	1352948
14	2038	140569	523153	272040	4094	299902	141538	9403	1390699
15	2039	144289	536996	279238	4203	309176	145915	9694	1429511
16	2040	148107	551206	286627	4314	318737	150427	9993	1469411
17	2041	152026	565792	294212	4428	328593	155079	10302	1510432
18	2042	156049	580764	301997	4545	338754	159874	10621	1552604
19	2043	160178	596132	309988	4665	349230	164818	10949	1595960
20	2044	164417	611906	318191	4789	360029	169915	11288	1640535
									26488608

Fuente: Contrato de consultoría N° 2666 alcaldía de Ibagué

2.3 periodo de diseño

Para el mejoramiento y rehabilitación de la avenida Ambala desde la calle 103 hasta el puente sobre el rio Alvarado se tomó el año 2024 como año 0 y 20 años como periodo de diseño

Con el número de ejes equivalentes de 8.2 Tn calculado en el periodo de diseño, el factor direccional y el factor carril, calculó el número de ejes equivalentes

Tabla 2: Factor distribución direccional

NÚMERO DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	DD (% DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO)
2	50
4	45 (35-48)
6 o más	40 (25-48)

Tabla 3: factor direccional por carril

NÚMERO DE CARRILES EN UNA SOLA DIRECCIONES	DC (% ESAL EN EL CARRIL DE DISEÑO)
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASTHO, 1993

2.3.1 Número de ejes equivalentes de 8.2 Tn máximo tránsito

Ecuación Cálculo NESE

$$NESE = TPDS\ x\ \%VC\ x\ Fd\ x\ Fca\ x\ FPT\ x\ FC\ x\ 365$$

NESE
15030757
1.50E+07

Donde:

T=Tasa de crecimiento
Fd=Factor direccional
Fca=factor de distribución por carril
n=Periodo de diseño
FPT=Factor de proyección de transito
FCC=Factor camión de camiones
FC=Factor camión
Fce=Factor de carga equivalente
NESE=Ejes equivalentes de 8.2 Toneladas

Este valor corresponde al número de ejes equivalentes de 8.2 Tn o 80 kN en el carril de diseño durante el periodo de diseño que debe estar corregido para el nivel de confiabilidad que se haya escogido en el diseño para el máximo tránsito.

2.4 ESTUDIOS DE SUELOS

El estudio de suelos para todo el proyecto está conformado por dos estudios: uno tomado de la secretaria de infraestructura del municipio resultados del contrato de consultoría N° 2666. (desde la calle 103 hasta la calle 158 plaza de mercado el salado)

- El otro suministrado por la secretaria de infraestructura y hábitat de la gobernación del Tolima (desde la plaza de mercado el salado hasta el puente sobre el rio Alvarado

2.4.1 Estudio de suelos desde la calle 103 hasta calle de la 158 avenida Ambala

El estudio de suelos de este sector está conformado por 12 sondeos y 6 apiques donde se realizaron los CBR

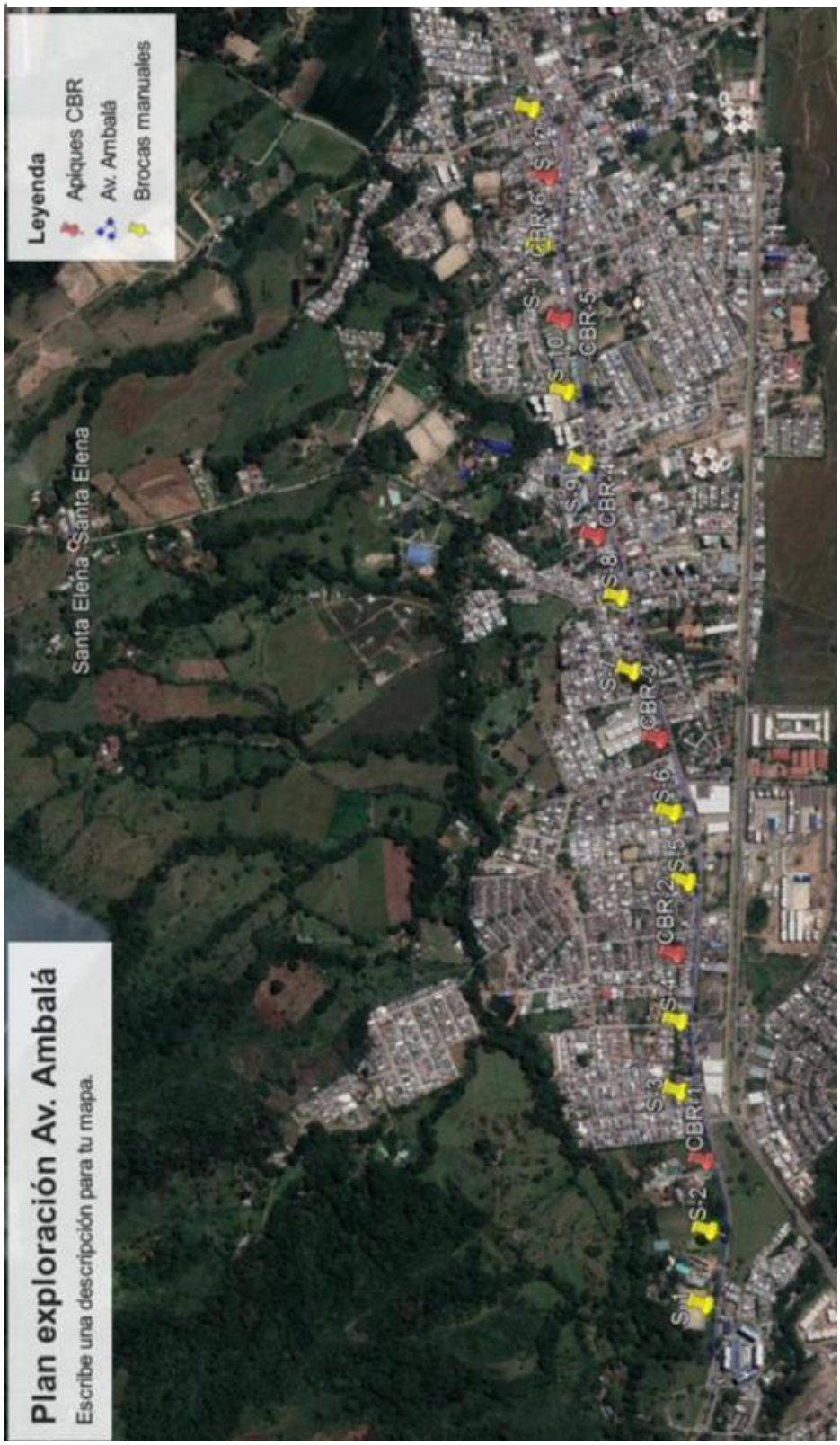
En la vía avenida Ambala (carrera 9), desde la calle 103 hasta el puente sobre el rio Alvarado del casco urbano del municipio de Ibagué se contempló como un solo sector homogéneo según análisis de la composición geológica (formaciones rocosas y superficiales), y respuesta geotécnica de la subrasante medida a partir del CBR

Tabla 4: Resumen exploración de campo sondeos y apiques

Identificación		Profundidad	Ensayos in-situ
Tipo	Número	metros	
Avenida Ambalá			
S	1	2.8	Sv y PDC
S	2	2.6	Sv y PDC
S	3	2.4	Sv y PDC
S	4	2.3	Sv y PDC
S	5	2.3	Sv y PDC
S	6	2.3	Sv y PDC
S	7	2.2	Sv y PDC
S	8	3.2	Sv y PDC
S	9	2.4	Sv y PDC
S	10	2.3	Sv y PDC
S	11	2.4	Sv y PDC
S	12	2.6	Sv y PDC
CBR	1	0.9 – 1.1	
CBR	2	0.6 – 0.8	
CBR	3	0.8 – 1.0	
CBR	4	0.4 – 0.6	
CBR	5	0.4 – 0.6	
CBR	6	0.6 – 0.8	

Fuente: contrato de consultoría N° 2666 alcaldía de Ibagué capítulo estudio de suelos

Ilustración 5: Localización sondeos y apiques



Fuente: Contrato de consultoría N° 2666 alcaldía de Ibagué capítulo estudio de suelos

Tabla 5: Resumen apiques CBR

LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S	C.B.R. DE MUESTRA INALTERADA INV - 148 - 13	CODIGO LBF02 F VERSION 01 FECHA 11/01/2012

Cliente LFO INGENIEROS DE SUELOS S.A.S
Proyecto LFO 16593-3
Dirección AVENIDA AMBALÁ - IBAGUE
Fecha NOVIEMBRE 14 DE 2019
C.B.R. AP 1
Muestra 1
Profundidad 0,90 - 1,10 m

Diámetro [cm] 15,24
Altura [cm] 12,70
Volumen [cm³] 2316,67
Pesas 10 lbs

	MUESTRA SIN SATURAR	MUESTRA SATURADA
DETERMINACION DE LA DENSIDAD	1	2
Humedad medida (w%)	30,13	35,11
Peso suelo húmedo + Molde (g)	9938	10087
Peso de Molde (g)	5134	5134
Peso suelo húmedo en molde (g)	4804	4953
Densidad húmeda (Ton/m³)	2,07	2,14
Densidad seca (Ton/m³)	1,59	1,58

CONTENIDO DE HUMEDAD	1	2	3	4
Lata No.	695	228	311	642
Peso suelo humedo + lata (g)	121,27	109,34	88,97	88,30
Peso suelo seco +lata (g)	97,21	89,13	71,24	70,64
Peso de lata (g)	19,30	20,32	20,88	20,20
Peso de suelo seco (g)	77,91	68,81	50,36	50,44
Peso de agua (g)	24,06	20,21	17,73	17,66
Humedad w%	30,88	29,37	35,21	35,01
	30,13		35,11	

LECTURAS DE EXPANSION	1	2
Lectura inicial:		142
Primer dia:		153
Segundo dia:		153
Tercer dia:		153
Cuarto dia:		153
% DE EXPANSIÓN		0,220

Elaboró
Orlain Garcia M.
Laboratorista

Sello Seco
No Valido Sin Sello

Aprobó
Julio Cesar Santamaria H.
Jefe de Area Técnica.

Los datos presentados en este informe corresponden unicamente a la muestra mencionada en el encabezado del documento.
Este informe no podra ser reproducido total y/o parcialmente sin previo aviso y autorización de LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S.

CARRERA 73B No. 70 - 53 BARRIO CASTILLA TEL. 411 87 35 - 411 91 28
AUTOPISTA SANTAMARÍA 311 5 13 48 37 E-mail: laboratorio.dessuelos@yahoo.es
Bogotá, Colombia

LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S	C.B.R. DE MUESTRA INALTERADA INV - 148 - 13	CODIGO: LBF02 F VERSION: 01 FECHA: 11/01/2012

Cliente: LFO INGENIEROS DE SUELOS S.A.S
Proyecto: LFO 16593-3
Dirección: AVENIDA AMBALÁ - IBAGUE
Fecha: NOVIEMBRE 14 DE 2013

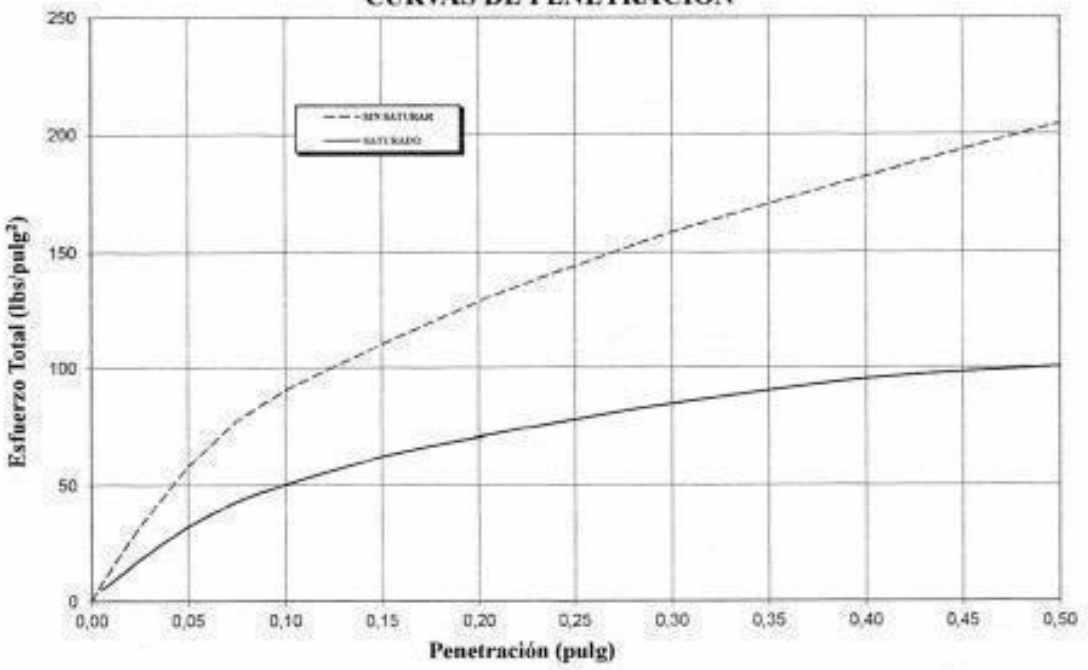
C.B.R.	AP 1	Diámetro [cm]	15,24
Muestra	1	Altura [cm]	12,70
Profundidad	0,90 - 1,10 m	Volumen [cm3]	2316,67
		Pesas	10 lbs

Muestra	Humedad (%)	Densidad Seca (Ton/m³)
Sin saturar	30,13	1,59
Saturada	35,11	1,58

Ensayo No.	Relación de Soporte (C.B.R.) %	
	0.1" (2.54 mm)	0.2" (5.08 mm)
Sin saturar	9,04	8,57
Saturada	5,02	4,69

Área del Pistón:	3	Pulgadas²

CURVAS DE PENETRACIÓN



Elaboró: Orlando Garcia SL
Laboratorista

Solis Soco
Ing. Viabilidad Seg. Suelos

Aprobó: Julio Cesar Santamaria H.
Jefe de Área Técnica

Los datos presentados en este informe corresponden únicamente a la muestra mencionada en el encabezado del documento.
Este informe no podrá ser reproducido total y/o parcialmente sin previo aviso y autorización de LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S.

CARRERA 73B No. 78 - 31 BARRIO CASTILLA TEL. 4 13 67 53 - 300 80 26
PBX (1) 3 11 40 37 Email: laboratorio.desuelos@yahoo.es
Bogotá, Colombia

LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S	C.B.R. DE MUESTRA INALTERADA INV - 148 - 13	CODIGO LBF02.F VERSION 01 FECHA 11/01/2012

Cliente: LJO INGENIEROS DE SUELOS S.A.S
Proyecto: LJO 16593-3
Dirección: AVENIDA AMBALÁ - IBAGUE
Fecha: NOVIEMBRE 14 DE 2019

C.B.R.	AP 2	Diámetro [cm]	15,24
Muestra	1	Altura [cm]	12,70
Profundidad	0,00 - 0,80 m	Volumen [cm³]	2316,67
		Peso	10 lbs

	MUESTRA SIN SATURAR	MUESTRA SATURADA
DETERMINACION DE LA DENSIDAD	1	2
Humedad medida (w%)	20,93	40,75
Peso suelo húmedo + Molde (g)	9208	9462
Peso de Molde (g)	4562	4562
Peso suelo húmedo en molde (g)	4646	4900
Densidad húmeda (Ton/m³)	2,01	2,12
Densidad seca (Ton/m³)	1,66	1,50

CONTENIDO DE HUMEDAD	1	2	3	4
Lata No.	670	643	282	206
Peso suelo humedo + lata (g)	101,35	98,87	136,16	119,51
Peso suelo seco +lata (g)	88,91	85,46	88,84	91,14
Peso de lata (g)	19,93	19,40	21,75	21,37
Peso de suelo seco (g)	66,98	66,06	67,09	69,57
Peso de agua (g)	14,44	13,41	27,32	28,37
Humedad w%	21,56	20,30	40,72	40,78
	20,93		40,75	

LECTURAS DE EXPANSION	1	2
Lectura inicial:		133
Primer dia:		360
Segundo dia:		521
Tercer dia:		562
Cuarto dia:		585
% DE EXPANSION		4,560

Elaboró: Orlando García M.
Laboratorista

Sello Seco
No Valido Sin Sello

Aprobó: Julio Cesar Santamaría H.
Jefe de Área Técnica.

Los datos presentados en este informe corresponden únicamente a la muestra suministrada en el encabezado del documento.
Este informe no podrá ser reproducido total y/o parcialmente sin previo aviso y autorización de LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S.

Carrera 58 No. 78 - 37 BARRIO CASTILLA Tel. 4 21 87 87 - 3 00 30 38
AZUL C. SANTAMARIA 311 3 28 40 27 E-mail: laboratorio.labsuelos@yahoo.es
Bogotá, Colombia

LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S

C.B.R. DE MUESTRA INALTERADA
INV - 148 - 13

CODIGO	LBF02 F
VERSION	01
FECHA	11/01/2012

Cliente LFO INGENIEROS DE SUELOS S.A.S
Proyecto LFO 16593-3
Direccion AVENIDA AMBALÁ - IBAGUE
Fecha NOVIEMBRE 14 DE 2019

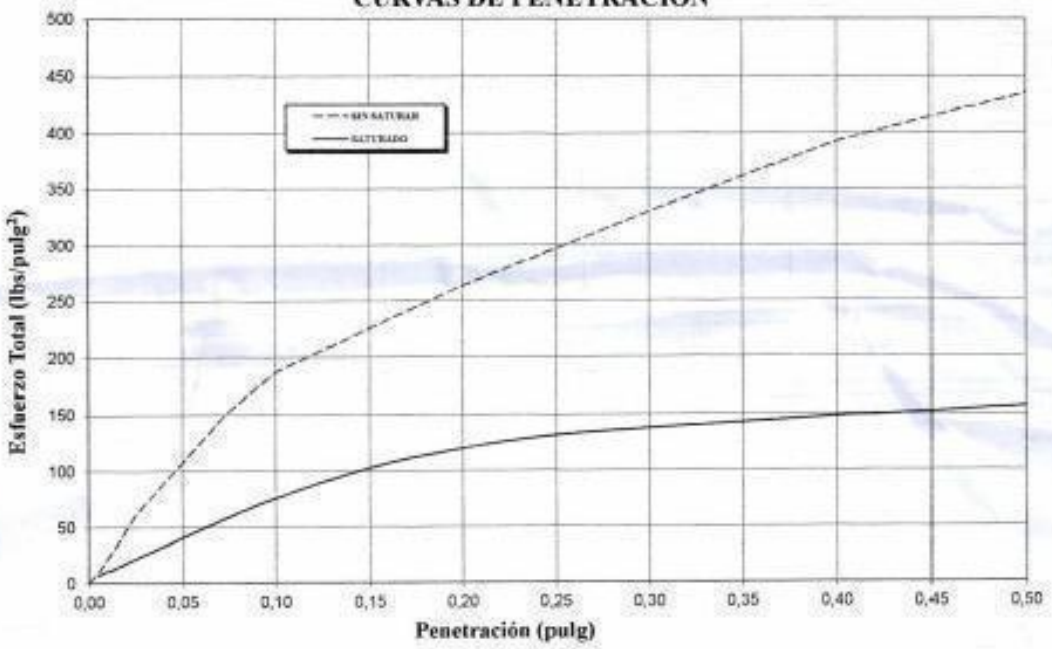
C.B.R.	AP 2	Diámetro [cm]	15,24
Muestra	1	Altura [cm]	12,70
Profundidad	0,60 - 0,80 m	Volumen [cm3]	2316,63
		Peso	10 lbs

Muestra	Humedad (%)	Densidad Seca (Ton/m³)
Sin saturar	20,93	1,66
Saturada	40,75	1,50

Ensayo No.	Relación de Soporte (C.B.R.) %	
	0.1" (2.54 mm)	0.2" (5.08 mm)
Sin saturar	18,67	17,54
Saturada	7,56	7,99

Area del Pistón:	3	Pulgadas ²

CURVAS DE PENETRACIÓN



Elaboró
Orlando Garcia M.
Laboratorista

Sello Seco
No Valido Sin Sello

Aprobó
Julio Cesar Santamaria H.
Jefe de Área Técnica.

Los datos presentados en este informe corresponden unicamente a la muestra mencionada en el encabezado del documento.
Este informe no podra ser reproducido total y/o parcialmente sin previo aviso y autorización de LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S.

CARRERA 78B No. 70 - 55 BARRIO CASTILLA TEL. 4 11 87 33 - 5 00 80 28
PALO C SANTAMARIA 321 5 15 46 37 E-mail: laboratorio.labsuelos@yahoo.es
Bogotá, Colombia

LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S	C.B.R. DE MUESTRA INALTERADA INV - 148 - 13	CODIGO LBF02 F VERSION 01 FECHA 11/01/2012

Cliente LFO INGENIEROS DE SUELOS S.A.S
Proyecto LFO 16593-3
Dirección AVENIDA AMBALÁ - IBAGUE
Fecha NOVIEMBRE 14 DE 2019
C.B.R. AP 3
Muestra 1
Profundidad 0,80 - 1,00 m

Diámetro [cm] 15,24
Altura [cm] 12,70
Volumen [cm³] 2316,67
Pesas 10 lbs

	MUESTRA SIN SATURAR	MUESTRA SATURADA
DETERMINACION DE LA DENSIDAD	1	2
Humedad medida (w%)	14,32	24,85
Peso suelo húmedo + Molde (g)	9147	9387
Peso de Molde (g)	4625	4625
Peso suelo húmedo en molde (g)	4522	4762
Densidad húmeda (Ton/m³)	1,95	2,06
Densidad seca (Ton/m³)	1,71	1,65

CONTENIDO DE HUMEDAD	1	2	3	4
Lata No.	684	303	335	638
Peso suelo humedo + lata (g)	101,56	108,66	127,44	118,20
Peso suelo seco +lata (g)	91,38	98,24	106,13	98,44
Peso de lata (g)	19,17	26,60	21,32	18,04
Peso de suelo seco (g)	72,21	71,64	84,81	80,40
Peso de agua (g)	10,18	10,42	21,31	19,76
Humedad w%	14,10	14,54	25,13	24,58
	14,32		24,85	

LECTURAS DE EXPANSION	1	2
Lectura inicial:		125
Primer dia:		140
Segundo dia:		140
Tercer dia:		140
Cuarto dia:		140
% DE EXPANSIÓN		0,300

Elaboró
Orlando García M.
Laboratorista

Sello Seco
No Valido Sin Sello

Aprobó
Julio Cesar Santamaria H.
Jefe de Area Técnica.

Los datos presentados en este informe corresponden unicamente a la muestra mencionada en el encabezado del documento.
Este informe no podra ser reproducido total y/o parcialmente sin previo aviso y autorización de LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S.

CARRERA 70B No. 70 - 35 BARRIO CASTILLA TEL. 4 11 87 35 - 8 30 81 28
JULIO C. SANTAMARÍA 311 5 13 46 37 E-mail: laboratorio.dsuelos@yahoo.es
Bogotá, Colombia

LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S

C.B.R. DE MUESTRA INALTERADA
INV - 148 - 13

CODIGO	LBF02 F
VERSION	01
FECHA	11/01/2012

Cliente: LFO INGENIEROS DE SUELOS S.A.S
Proyecto: LFO 16595-3
Dirección: AVENIDA AMBALÁ - IBAGUE
Fecha: NOVIEMBRE 14 DE 2019

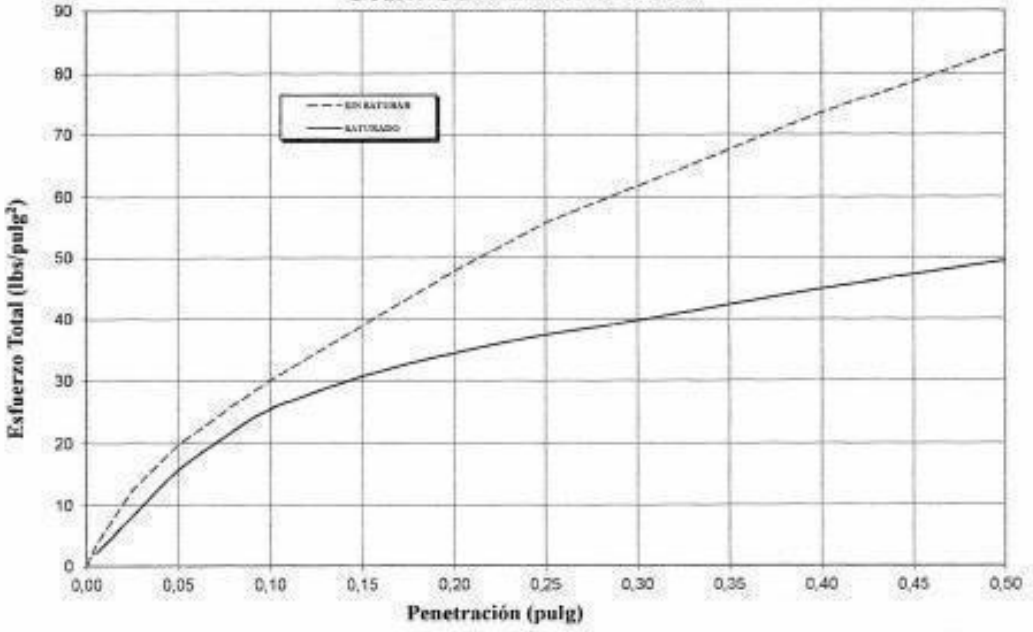
C.B.R.	AP 3	Diámetro [cm]	15,24
Muestra	1	Altura [cm]	12,70
Profundidad	0,80 - 1,00 m	Volumen [cm3]	2316,67
		Pesas	10 lbs

Muestra	Humedad (%)	Densidad Seca (Ton/m³)
Sin saturar	14,32	1,71
Saturada	24,85	1,65

Ensayo No.	Relación de Soporte (C.B.R.) %	
	0.1" (2.54 mm)	0.2" (5.08 mm)
Sin saturar	3,01	3,18
Saturada	2,55	2,39

Area del Pistón:	3	Pulgadas²

CURVAS DE PENETRACIÓN



Elaboró: Orlando García M.
Laboratorista

Sello Seco
No Valido Sin Sello

Aprobó: Julio Cesar Santamaría H.
Jefe de Área Técnica.

Los datos presentados en este informe corresponden únicamente a la muestra mencionada en el encabezado del documento.
Este informe no podrá ser reproducido total y/o parcialmente sin previo aviso y autorización de LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S.

CARRERA 7A No. 7E - 35 BARRIO CASTILLA TEL. 4 11 87 33 - 8 00 80 28
JULIO C. SANTAMARÍA 321 5 15 05 37 E-mail: laboratorio.domelsa@yahoo.es
Bogotá, Colombia

LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S	C.B.R. DE MUESTRA INALTERADA INV - 148 - 13	CODIGO LBF02 F VERSION 01 FECHA 11/01/2012

Cliente LFO INGENIEROS DE SUELOS S.A.S
Proyecto LFO 16593-3
Dirección AVENIDA AMBALÁ - IBAGUE
Fecha NOVIEMBRE 14 DE 2019
C.B.R. AP 4
Muestra 1
Profundidad 0,40 - 0,60 m

Diámetro [cm]	15,24
Altura [cm]	12,70
Volumen [cm³]	2316,67
Pesas	10 lbs

	MUESTRA SIN SATURAR	MUESTRA SATURADA
DETERMINACION DE LA DENSIDAD	1	2
Humedad medida (w%)	18,24	31,66
Peso suelo húmedo + Molde (g)	9188	9844
Peso de Molde (g)	4607	4607
Peso suelo húmedo en molde (g)	4581	4837
Densidad húmeda (Ton/m³)	1,98	2,09
Densidad seca (Ton/m³)	1,67	1,59

CONTENIDO DE HUMEDAD	1	2	3	4
Lata No.	270	308	646	708
Peso suelo humedo + lata (g)	113,62	112,04	121,97	129,85
Peso suelo seco +lata (g)	100,11	98,90	96,57	103,50
Peso de lata (g)	26,41	26,47	17,80	18,69
Peso de suelo seco (g)	73,70	72,43	78,77	84,81
Peso de agua (g)	13,51	13,14	25,40	26,35
Humedad w%	18,33	18,14	32,25	31,07
	18,24		31,66	

LECTURAS DE EXPANSION	1	2
Lectura inicial:		155
Primer dia:		240
Segundo dia:		285
Tercer dia:		310
Cuarto dia:		322
% DE EXPANSIÓN		3,340

Elaboró Orlain Garcia M.
Laboratorista

Sello Seco
No Valido Sin Sello

Aprobó Julio Cesar Santamaria H.
Jefe de Area Técnica.

Los datos presentados en este informe corresponden unicamente a la muestra mencionada en el encabezado del documento.
Este informe no podra ser reproducido total y/o parcialmente sin previo aviso y autorización de LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S.

CARRERA 7B No. 3B - 35 BARRIO CASTILLA TEL. 411 87 20 - 310 81 28
JULIO C. SANTAMARÍA 311 5 13 46 37 E-mail: laboratorio.dimalco@ yahoo.es
Ibagué, Colombia

LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S

C.B.R. DE MUESTRA INALTERADA

INV - 148 - 13

CODIGO	LBF02 F
VERSION	01
FECHA	11/01/2012

Cliente LFO INGENIEROS DE SUELOS S.A.S
Proyecto LFO 16593-3
Dirección AVENIDA AMBALÁ - IBAGUE
Fecha NOVIEMBRE 14 DE 2019

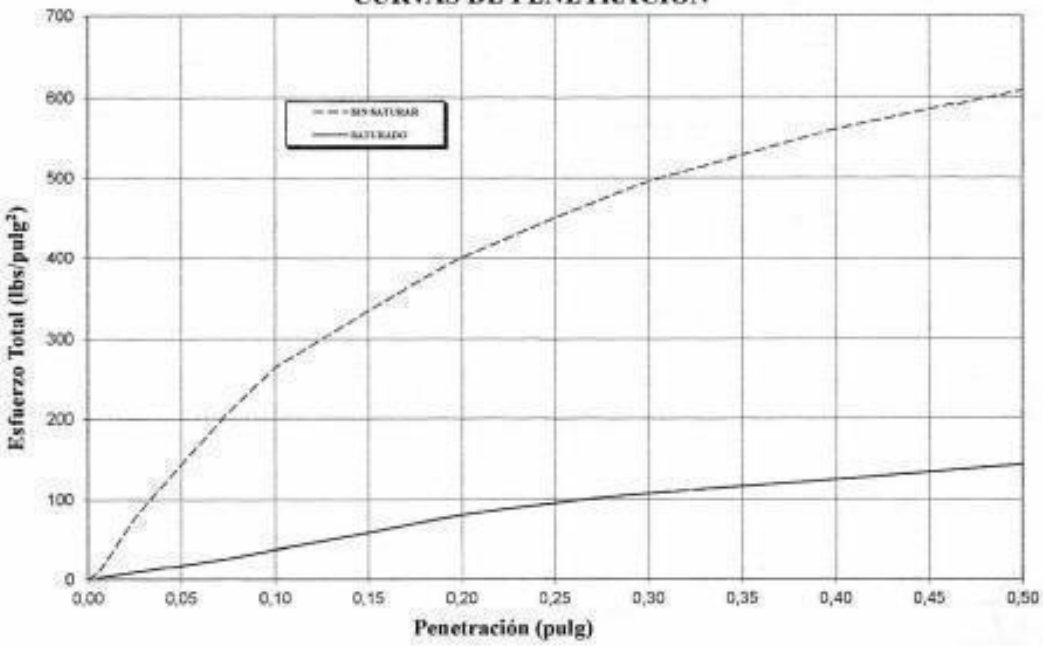
C.B.R.	AP 4	Diámetro [cm]	13,24
Muestra	1	Altura [cm]	12,70
Profundidad	0,40 - 0,60 m	Volumen [cm3]	2316,67
		Pesas	10 lbs

Muestra	Humedad (%)	Densidad Seca (Ton/m³)
Sin saturar	18,24	1,67
Saturada	31,66	1,59

Ensayo No.	Relación de Soporte (C.B.R.) %	
	0.1" (2.54 mm)	0.2" (5.08 mm)
Sin saturar	26,46	26,75
Saturada	3,82	5,39

Area del Pistón:	3	Pulgadas ²

CURVAS DE PENETRACIÓN



Elaboró
Orlando García M.
Laboratorista

Sello Seco
No Valido Sin Sello

Aprobó
Julio Cesar Santamaria H.
Jefe de Área Técnica.

Los datos presentados en este informe corresponden únicamente a la muestra mencionada en el encabezado del documento.
Este informe no podrá ser reproducido total y/o parcialmente sin previo aviso y autorización de LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S.

CARRERA 73B No. 78 - 35 BARRIO CASTILLA - TEL. 4 11 97 35 - 9 03 81 28
AVE C. SANTAMARIA 311 5 19 86 37 E-mail: laboratorio.dessuelos@yahoo.es
Bogotá, Colombia

LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S	C.B.R. DE MUESTRA INALTERADA INV - 148 - 13	CODIGO LBF02 F VERSION 01 FECHA 11/01/2012

Cliente LFO INGENIEROS DE SUELOS S.A.S
Proyecto LFO 16593-3
Dirección AVENIDA AMBALÁ - IBAGUE
Fecha NOVIEMBRE 14 DE 2019
C.B.R. AP 5
Muestra 1
Profundidad 0,40 - 0,60 m

Diámetro [cm] 15,24
Altura [cm] 12,70
Volumen [cm³] 2316,67
Pesas 10 lbs

	MUESTRA SIN SATURAR	MUESTRA SATURADA
DETERMINACION DE LA DENSIDAD	1	2
Humedad medida (w%)	14,33	33,47
Peso suelo húmedo + Molde (g)	8976	9158
Peso de Molde (g)	4456	4456
Peso suelo húmedo en molde (g)	4520	4702
Densidad húmeda (Ton/m³)	1,95	2,03
Densidad seca (Ton/m³)	1,71	1,52

CONTENIDO DE HUMEDAD	1	2	3	4
Lata No.	634	649	306	315
Peso suelo humedo + lata (g)	82,38	88,27	120,62	124,17
Peso suelo seco +lata (g)	74,71	79,37	96,53	100,05
Peso de lata (g)	19,49	19,15	25,74	26,75
Peso de suelo seco (g)	55,22	60,22	70,79	73,30
Peso de agua (g)	7,67	8,90	24,09	24,12
Humedad w%	13,89	14,78	34,03	32,91
	14,33		33,47	

LECTURAS DE EXPANSION	1	2
Lectura inicial:		175
Primer dia:		251
Segundo dia:		298
Tercer dia:		316
Cuarto dia:		325
% DE EXPANSIÓN		3,000

Elaboró
Orlain Garcia M.
Laboratorista

Sello Seco
No Valido Sin Sello

Aprobó
Julio Cesar Santamaria H.
Jefe de Area Técnica.

Los datos presentados en este informe corresponden unicamente a la muestra mencionada en el encabezado del documento.
Este informe no podra ser reproducido total y/o parcialmente sin previo aviso y autorización de LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S.

CARRERA 73B No. 38 - 35 BARRIO CASTILLA TEL. 413 87 35 - 450 81 28
BOGOTÁ D.C. SANTAMARÍA 311 5 13 46 37 E-mail: laboratorio.densidad@yahoo.es
Bogotá, Colombia

LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S

C.B.R. DE MUESTRA INALTERADA
INV - 148 - 13

CODIGO	LBF02F
VERSION	01
FECHA	11/01/2012

Cliente LFO INGENIEROS DE SUELOS S.A.S
Proyecto LFO 16593-3
Dirección AVENIDA AMBALÁ - IBAGUE
Fecha NOVIEMBRE 14 DE 2019

C.B.R. AP 5
Muestra 1
Profundidad 0,40 - 0,60 m

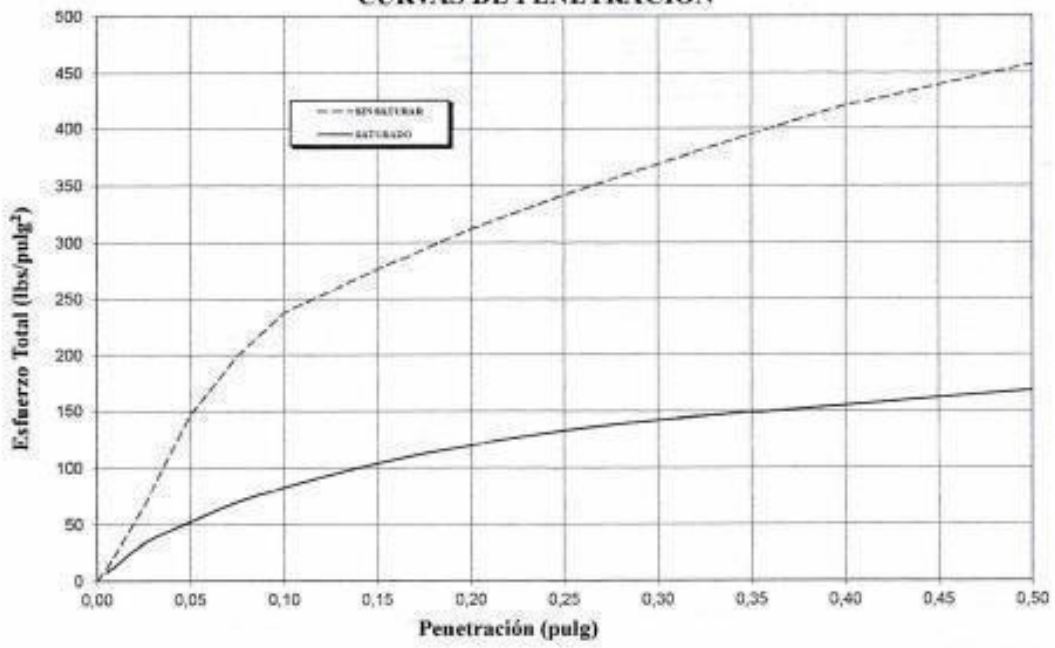
Diámetro [cm] 15,24
Altura [cm] 12,70
Volumen [cm3] 2316,67
Pesas 10 lbs

Muestra	Humedad (%)	Densidad Seca (Ton/m³)
Sin saturar	14,33	1,71
Saturada	33,47	1,52

Area del Pistón:	3	Pulgadas²

Ensayo No.	Relación de Soporte (C.B.R.) %	
	0.1" (2.54 mm)	0.2" (5.08 mm)
Sin saturar	23,81	20,82
Saturado	8,24	7,99

CURVAS DE PENETRACIÓN



Elaboró
Orbid Garcia M.
Laboratorista

Sello Seco
No Valido Sin Sello

Aprobó
Julio Cesar Santamaria H.
Jefe de Área Técnica.

Los datos presentados en este informe corresponden únicamente a la muestra mencionada en el encabezado del documento.
Este informe no podrá ser reproducido total y/o parcialmente sin previo aviso y autorización de LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S.

CARRERA 73B No. 70 - 35 BARRIO CASTILLA TEL. 4 31 97 35 - 9 81 81 28
AVDA C. SANTAMARÍA 311 3 11 86 87 E-mail: laboratorio.labsuelos@yahoo.es
Bogotá, Colombia

LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S	C.B.R. DE MUESTRA INALTERADA INV - 148 - 13	CODIGO LBF02 F VERSION 01 FECHA 11/01/2012

Cliente LFO INGENIEROS DE SUELOS S.A.S
Proyecto LFO 16593-3
Dirección AVENIDA AMBALÁ - IBAGUE
Fecha NOVIEMBRE 14 DE 2019
C.B.R. AP 6
Muestra 1
Profundidad 0,60 - 0,80 m

Diámetro [cm] 15,24
Altura [cm] 12,70
Volumen [cm³] 2316,67
Pesas 10 lbs

	MUESTRA SIN SATURAR	MUESTRA SATURADA
DETERMINACION DE LA DENSIDAD	1	2
Humedad medida (w%)	28,09	37,46
Peso suelo húmedo + Molde (g)	8855	9115
Peso de Molde (g)	4762	4762
Peso suelo húmedo en molde (g)	4093	4353
Densidad húmeda (Ton/m³)	1,77	1,88
Densidad seca (Ton/m³)	1,38	1,37

CONTENIDO DE HUMEDAD	1	2	3	4
Lata No.	261	342	284	291
Peso suelo humedo + lata (g)	100,91	93,89	132,34	131,23
Peso suelo seco +lata (g)	84,22	78,23	103,53	102,47
Peso de lata (g)	25,90	21,42	25,57	26,70
Peso de suelo seco (g)	58,32	56,81	77,96	75,77
Peso de agua (g)	16,69	15,66	28,81	28,76
Humedad w%	28,62	27,57	36,95	37,96
	28,09		37,46	

LECTURAS DE EXPANSION	1	2
Lectura inicial:		142
Primer dia:		205
Segundo dia:		214
Tercer dia:		223
Cuarto dia:		225
% DE EXPANSIÓN		1,660

Elaboró
Orlain Garcia M.
Laboratorista

Sello Seco
No Valido Sin Sello

Aprobó
Julio Cesar Santamaria H.
Jefe de Area Técnica.

Los datos presentados en este informe corresponden unicamente a la muestra mencionada en el encabezado del documento.
Este informe no podra ser reproducido total y/o parcialmente sin previo aviso y autorización de LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S.

CARRERA 73B No. 70 - 83 BARRIO CASTILLA TEL. 4 11 87 83 - 8 60 81 28
ALEJO C. SANTAMARIA 311 5 14 46 37 E-mail: laboratorio.dsmarlon@yahoo.es
Bogotá, Colombia

LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S

C.B.R. DE MUESTRA INALTERADA

INV - 148 - 13

CODIGO	LRF02 F
VERSION	01
FECHA	11/01/2012

Cliente: LFO INGENIEROS DE SUELOS S.A.S

Proyecto: LFO 16593-3

Dirección: AVENIDA AMBALÁ - IBAGUE

Fecha: NOVIEMBRE 14 DE 2019

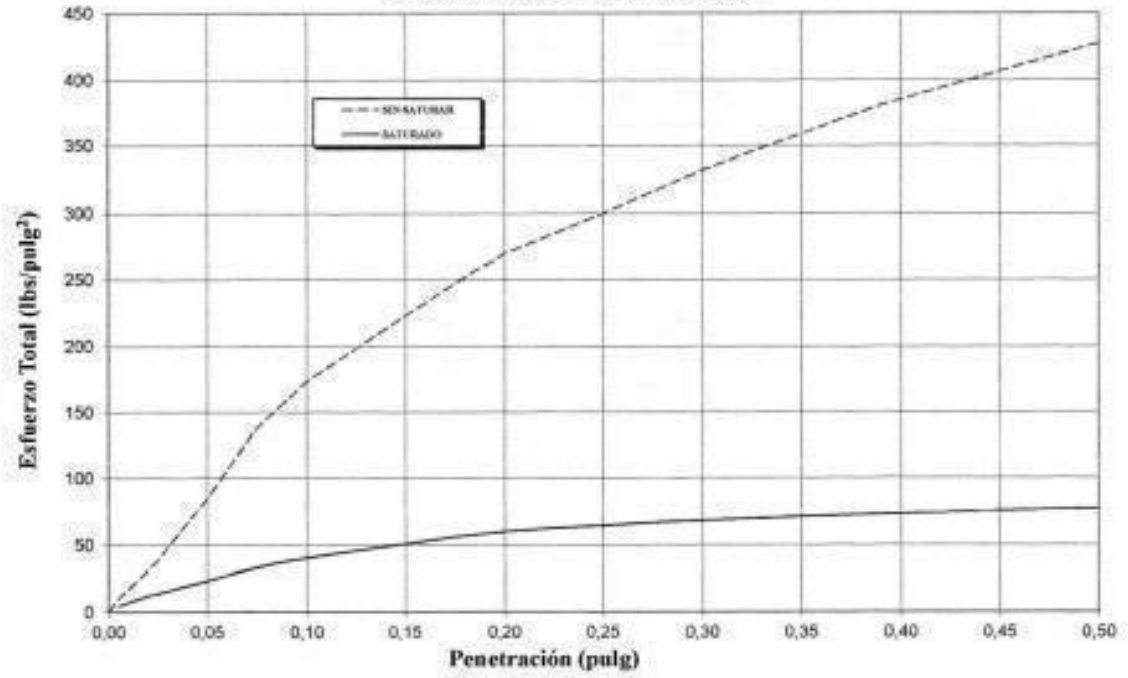
C.B.R.	AP 6	Diámetro [cm]	15,24
Muestra	1	Altura [cm]	12,70
Profundidad	0,60 - 0,80 m	Volumen [cm3]	2316,67
		Pesas	10 lbs

Muestra	Humedad (%)	Densidad Seca (Ton/m³)
Sin saturar	28,09	1,38
Saturada	37,46	1,37

Área del Pistón:	3	Pulgadas²

Ensayo No.	Relación de Soporte (C.B.R.) %	
	0.1" (2.54 mm)	0.2" (5.08 mm)
Sin saturar	17,34	18,03
Saturada	4,84	3,99

CURVAS DE PENETRACIÓN



Elaboró: Orlando García M. Laboratorista

Sello Seco
No Valido Sin Sello

Aprobó: Julio Cesar Santamaria H. Jefe de Área Técnica.

Los datos presentados en este informe corresponden unicamente a la muestra mencionada en el encabezado del documento.
Este informe no podra ser reproducido total y/o parcialmente sin previo aviso y autorización de LABSUELOS SANTAMARIA S.A.S.

CARRERA 7ª No. 7B - 55 BARRIO CASTILLA TEL. 4 11 87 35 - 8 69 91 26
JULIO C. SANTAMARÍA 313 5 35 85 37 E-mail: laboratorio.labsuelos@yahoo.es
Bogotá, Colombia

Fuente: Contrato de consultoría N° 2666 alcaldía de Ibagué capítulo estudio de suelos

2.4.2 Estudio de suelos desde la calle de la 158 avenida Ambala hasta el puente sobre el rio Alvarado

El estudio de este sector está conformado por 10 apiques

En la vía avenida Ambala (carrera 9), desde la calle 103 hasta el puente sobre el rio Alvarado del casco urbano del municipio de Ibagué se contempló como un solo sector homogéneo según análisis de la composición geológica (formaciones rocosas y superficiales), y respuesta geotécnica de la subrasante medida a partir del CBR

Tabla 6: Resultados ensayo de subrasante

N°	Abscisa	Estrato	Descripción suelo clasificación USC	% Gravas	% Arenas	% Finos	LL	IP	W%	Clasif. AASHTO	Clasif. U.S.C.	C.B.R Inalterado	C.B.R Sumergido	Expansión (%)	C.B.R. método cono dinámico
1	Apique N° 1	Muestra recuperada de 0,00 a 0,21 m de profundidad	Suelo limo arcilloso de alta plasticidad	1,2	13,3	85,5	51,8	20,1	31%	A - 7 - 5	MH - CH	---	2,4	1,7%	---
2	Apique N° 2	Muestra recuperada de 0,00 a 0,21 m de profundidad	Suelo limo arcilloso de alta plasticidad	0,8	14,3	84,9	55,7	22,3	35%	A - 7 - 5	MH - CH	---	1,3	1,8%	---
3	Apique N° 3	Muestra recuperada de 0,00 a 0,21 m de profundidad	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	13,0	16,6	70,4	44,5	16,5	24%	A - 7 - 6	CL - ML	---	3,3	1,5%	---
4	Apique N° 4	Muestra recuperada de 0,00 a 0,21 m de profundidad	Suelo limo arcilloso de alta plasticidad	0,4	31,7	67,9	50,6	19,5	32%	A - 7 - 5	MH - CH	---	2,7	1,8%	---
5	Apique N° 5	Muestra recuperada de 0,00 a 0,21 m de profundidad	Suelo limo arcilloso de alta plasticidad	0,6	41,2	58,2	52,9	20,9	26%	A - 7 - 5	MH - CH	---	1,1	1,9%	---
6	Apique N° 6	Muestra recuperada de 0,00 a 0,21 m de profundidad	Suelo limo arcilloso de alta plasticidad	1,8	47,4	50,8	53,9	21,5	24%	A - 7 - 5	MH - CH	---	2,5	1,5%	---
7	Apique N° 7	Muestra recuperada de 0,00 a 0,21 m de profundidad	Arenas arcillosas	49,3	28,7	22,0	39,2	14,2	33%	A - 2 - 6	SC	---	3,3	1,3%	---

8	Apique N° 8	Muestra recuperada de 0,00 a 0,21 m de profundidad	Arenas limosas plásticas	0,9	55,0	44,1	37,1	12,6	20%	A - 6	SMu	---	3,8	1,2%	---
9	Apique N° 9	Muestra recuperada de 0,00 a 0,21 m de profundidad	Arenas arcillosas	0,2	52,9	46,8	51,6	20,2	20%	A - 7 - 5	SC	---	2,2	1,2%	---
10	Apique N° 10	Muestra recuperada de 0,00 a 0,21 m de profundidad	Arenas limosas plásticas	9,7	50,8	39,5	36,3	12,3	17%	A - 6	SMu	---	3,6	1,1%	---

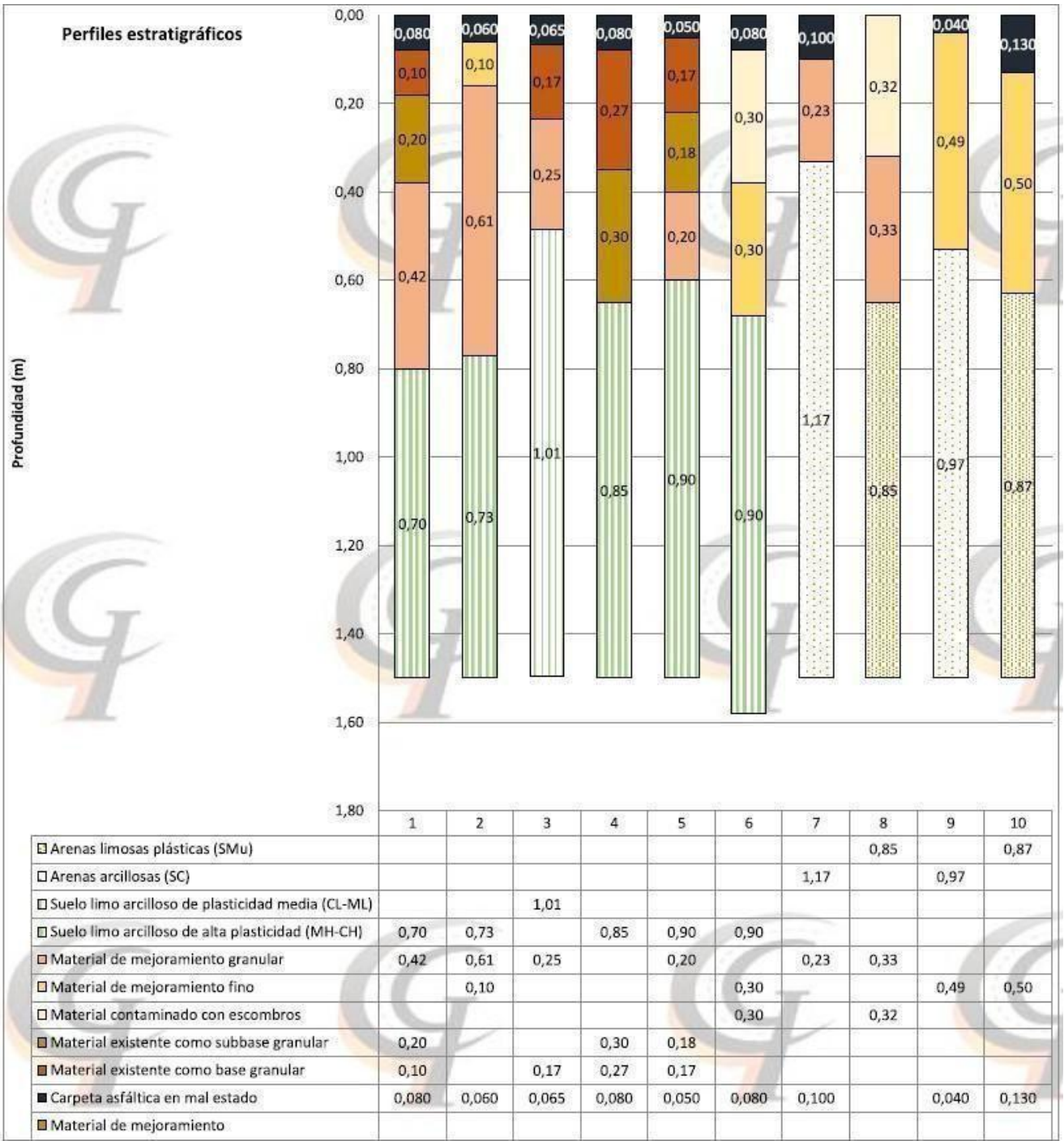
Fuente: IngeoConsultores sas (consultoría gobernación del Tolima)

Tabla 7: Resultado CBR sumergido

N°	Descripción	Límite líquido (%)	Índice de plasticidad (%)	Clasificación AASTHO	Clasificación USC	Humedad natural (%)	CBR inaltaredo sumergido (%)	Expansión (%)
1	Apique N° 1	51,8	20,1	A - 7 - 5	MH - CH	0,3	2,4	1,7%
2	Apique N° 2	55,7	22,3	A - 7 - 5	MH - CH	0,3	1,3	1,8%
3	Apique N° 3	44,5	16,5	A - 7 - 6	CL - ML	0,2	3,3	1,5%
4	Apique N° 4	50,6	19,5	A - 7 - 5	MH - CH	0,3	2,7	1,8%
5	Apique N° 5	52,9	20,9	A - 7 - 5	MH - CH	0,3	1,1	1,9%
6	Apique N° 6	53,9	21,5	A - 7 - 5	MH - CH	0,2	2,5	1,5%
7	Apique N° 7	39,2	14,2	A - 2 - 6	SC	0,3	3,3	1,3%
8	Apique N° 8	37,1	12,6	A - 6	SMu	0,2	3,8	1,2%
9	Apique N° 9	51,6	20,2	A - 7 - 5	SC	0,2	2,2	1,2%
10	Apique N°10	36,3	12,3	A - 6	SMu	0,2	3,6	1,1%

Fuente: IngeoConsultores sas (consultoría gobernación del Tolima)

Tabla 8: Perfil estratigráfico apiques



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Arenas limosas plásticas (SMu)								0,85		0,87
Arenas arcillosas (SC)							1,17		0,97	
Suelo limo arcilloso de plasticidad media (CL-ML)			1,01							
Suelo limo arcilloso de alta plasticidad (MH-CH)	0,70	0,73		0,85	0,90	0,90				
Material de mejoramiento granular	0,42	0,61	0,25		0,20		0,23	0,33		
Material de mejoramiento fino		0,10				0,30			0,49	0,50
Material contaminado con escombros						0,30		0,32		
Material existente como subbase granular	0,20			0,30	0,18					
Material existente como base granular	0,10		0,17	0,27	0,17					
Carpeta asfáltica en mal estado	0,080	0,060	0,065	0,080	0,050	0,080	0,100		0,040	0,130
Material de mejoramiento										

Fuente: IngeoConsultores sas (consultoría gobernación del Tolima)

La subrasante que va a servir como fundación para la estructura de pavimento a construir, se le practicó una serie de laboratorios de geotecnia con el fin de indagar algunas propiedades e índices con miras a su clasificación, y determinación de su consistencia

actual bajo humedad potencialmente de equilibrio, de otra parte, sobre los suelos predominantes se practicaron pruebas de resistencia (CBR), todo con el fin de extraer perfiles y zonas geotécnicas homogéneas

Para el diseño se clasifico la subrasante (fundación) en función de la capacidad de soporte, evaluada mediante la relación de soporte de california CBR (norma INV E148) en su condición más crítica que es sumergida se tomó encuenta 16 CBR (6 del estudio suministrado por la alcaldía de Ibagué y 10 suministrados por la gobernación del Tolima)

2.4.3 Análisis del CBR de diseño

Para determinar el CBR de diseño se relacionó el estudio de suelos desde la calle 103 hasta la plaza del salado y el estudio de suelos desde la plaza del salado hasta el puente sobre el rio Alvarado

Tabla 9: CBR según estudios de suelos desde la calle 103 hasta el puente sobre el rio Alvarado

CBR %		APORTE
1	5.02	CONTRATO N° 2666
2	7.56	CONTRATO N° 2666
3	2.55	CONTRATO N° 2667
4	3.82	CONTRATO N° 2668
5	8.24	CONTRATO N° 2669
6	4.04	CONTRATO N° 2670
1	2.04	IngeoConsultores sas
2	1.30	IngeoConsultores sas
3	3.30	IngeoConsultores sas
4	2.70	IngeoConsultores sas
5	1.10	IngeoConsultores sas
6	2.50	IngeoConsultores sas
7	3.30	IngeoConsultores sas
8	3.80	IngeoConsultores sas
9	2.20	IngeoConsultores sas
10	3.60	IngeoConsultores sas

Fuente: contrato N° 2666 e IngeoConsultores sas

Con estos valores obtenidos en campo, se procedió a calcular el módulo de resiliencia de diseño de la subrasante, tomando los valores percentiles por nivel de tránsito recomendados por el Instituto de Asfalto

Tabla 10: Valor percentil por nivel de tránsito

Nivel de tránsito	Valor percentil para diseño de subrasante
< de 10,000 ESAL´s	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL´s	75
> de 1,000,000 ESAL´s	87.5

Fuente: Instituto de asfalto (MS-1) 1991

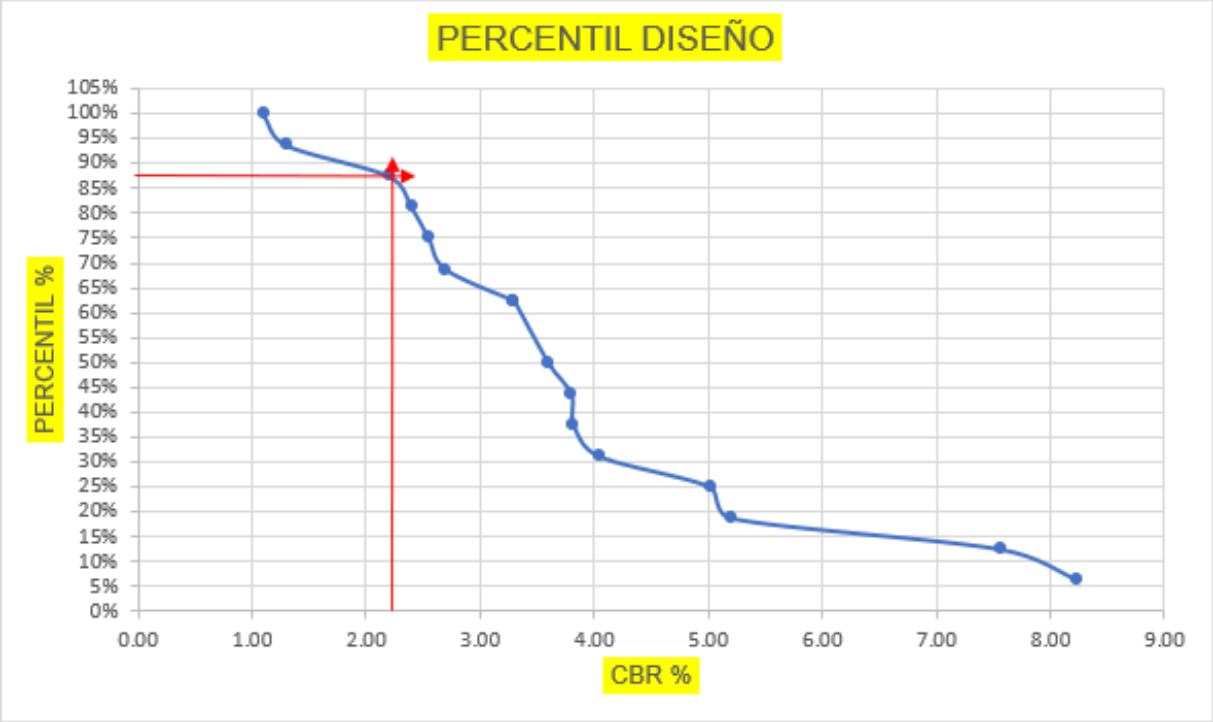
Según índice 2.3.1 W18 (el número de ejes equivalentes de 8.2 Tn) el máximo tránsito es 13.244.304 NEE, nos corresponde un valor percentil de diseño de subrasante de 87.5%

Tabla 11: Clasificación CBR de menor a mayor

CBR%	MENOR A MAYOR CBR%	MAYORESO IGUALES	PERCENTIL
5.02	1.10	16	100%
7.56	1.30	15	94%
2.55	2.20	14	88%
3.82	2.40	13	81%
8.24	2.55	12	75%
4.04	2.70	11	69%
2.40	3.30	10	63%
1.30	3.30	10	63%
3.30	3.60	8	50%
2.70	3.80	7	44%
1.10	3.82	6	38%
5.20	4.04	5	31%
3.30	5.02	4	25%
3.80	5.20	3	19%
2.20	7.56	2	13%
3.60	8.24	1	6%

Fuente: Elaboracion propia

Ilustración 7: Calculo CBR de diseño



Fuente: Elaboracion propia

Con el cálculo del percentil el CBR de diseño para el proyecto es 2.20 %

2.5 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

2.5.1 Módulo resiliente de la subrasante:

MR = 1.500* CBR

MR = 1.500* 2.2 % = 3300 psi = 232.01 kg/cm²

2.5.2 Características de los materiales estudio de fuentes

Para la construcción de la estructura se necesita que cada capa cumpla con las especificaciones técnicas elaborado por el Instituto Nacional de Vías INVIAS, siendo necesario durante la ejecución de las obras estar realizando controles periódicos al mismo, garantizando la calidad y estabilidad de las obras construidas, para lograr ello, se presenta la caracterización de cada elemento que compone la estructura diseñada.

Para que la estructura tenga un buen comportamiento se requiere que los materiales que

conforman las diferentes capas tengan características que respondan a unas especificaciones de calidad y ante su ejecución se tenga un buen procedimiento constructivo.

2.5.3 Climatología

Se consideró la información de las precipitaciones provenientes de la estación pluviométrica del Aeropuerto Perales, ubicada en la ciudad de Ibagué, del Departamento del Tolima.

Código de la Estación: 21245040
Coordenadas Estación Aeropuerto Perales.
Latitud: 44.241.388.890
Longitud: -7.513.941.667
Altitud: 943 m

De la información obtenida de la estación pluviométrica del Aeropuerto Perales, se consideraron los últimos 10 años, comprendidos entre el 2016 y el 2025.

Tabla 12: Definición de las condiciones de drenaje según M. Aashto

CALIDAD DEL DRENAJE	TÉRMINO PARA REMOCIÓN DEL AGUA
Excelente	2 horas
Buen	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	(el agua no drena)

Fuente: (ingeniería de pavimentos para carreteras ing. Alfonso Montejo Fonseca)

Registro histórico de precipitaciones mensuales, provenientes de la estación pluviométrica del Aeropuerto Perales nos determinó que el porcentaje del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próxima a la saturación está determinado por el número de días con lluvia en el año y son suministrados por el IDEAM y se determinó en la estación más cercana al proyecto aeropuerto perales un valor de 143 días está determinado de acuerdo a los datos de precipitación.

% de humedad = 143/365 = 0.39 > 25 %

Los coeficientes de drenaje
Carpeta asfáltica m1 = 1
Base y subbase granular 0.80

Tabla 13: Coeficiente de drenaje (Mi)

CALIDAD DEL DRENAJE	PORCENTAJE DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD PRÓXIMOS 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
Acceptable	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Malo	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: (Ing. Fernando Sanchez Sabogal)

3. ESTRUCTURA SUGERIDA PAVIMENTO RÍGIDO DISEÑADA POR EL MÉTODO INVIAS

Para el presente diseño se utilizó la metodología del manual de invias (manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito), que nace según resolución 000803 del 6 de marzo de 2009, del ministerio de transporte de Colombia. Está vigente y reglamentado por el ministerio de transporte de Colombia

El diseño del espesor del pavimento de concreto es aplicable para los siguientes tipos de pavimentos:

- Concreto simple
- Concreto simple con barras o pasadores de transferencia
- Concreto reforzado y con refuerzo continuo

Consideraciones básicas de diseño

3.1 Tránsito

Según índice 2.3.1 el W18 (el número de ejes equivalentes de 8.2 Tn) máximo de tránsito que nos dio la proyección a 20 años es de 15.030.757 NEE

Se determina el nivel de tránsito como se indica en la tabla 14

Tabla 14: Categorías de tránsito para la selección de espesores

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T_o	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1´000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1´000.000 a 1´500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1´500.000 a 5´000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5´000.000 a 9´000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9´000.000 a 17´000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17´000.000 a 25´000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25´000.000 a 100´000.000

Tabla 3-1. Categorías de tránsito para la selección de espesores

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

Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto invias tabla 3-1

Según la tabla 14 el tránsito calculado para el diseño siguiendo el manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, es de Categoría T4 tipo de vía principal con dos direcciones y un carril por dirección, con un tránsito promedio diario calculado con base en un conteo semanal TPD_S entre (2501 a 5000 vehículos comerciales) y un rango de ejes acumulados de 8.2 t entre (9.000.000 a 17.000.000)

3.2 Periodo de diseño

Es el tiempo elegido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido, a un costo razonable. Para el presente diseño que se utiliza el manual de invias se considera un periodo de diseño de 20 años para todos los análisis estructurales, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento, en el caso que exista una buena certidumbre en el análisis de las variables de diseño y su respectiva proyección

3.3 La subrasante

La resistencia de la subrasante se mide en términos del módulo de reacción (K), determinado por pruebas de placa directa. Teniendo en cuenta que estas pruebas son complejas y costosas, el valor de K se estima generalmente por correlación con pruebas más sencillas como el CBR. Este procedimiento es válido puesto que no es necesario el conocimiento del valor exacto del módulo K, ya que variaciones no muy grandes de él, prácticamente no afectan los espesores necesarios de pavimento

El manual tiene cinco clases de suelo como se observa en la tabla 15, la clasificación se realiza con base en el CBR del suelo, según norma INVE-148 estos valores se correlacionaron con el módulo de reacción de la subrasante k que es el parámetro usado en las ecuaciones de diseño

Tabla 15: Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 – 500
S3	5 - 10	500 – 1.000
S4	20 - 10	1.000 – 2.000
S5	> 20	> 2.000

Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto tabla 3-2

Según la tabla 14 el CBR de diseño es de clase o tipo S2 según manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

Se toma para el diseño un CBR 2.20 %, (CBR sumergido), nos clasifica con una subrasante tipo S2 según tabla 15.

La capacidad de soporte de la subrasante se cuantifica por medio de un parámetro llamado "módulo de reacción", conocido también como" coeficiente de balasto" o "módulo de Westergaard" y se representa convencionalmente con la letra K, (se determina con el ensayo de prueba de placa) este ensayo se utiliza para obtener el valor del módulo de reacción K de la capa de apoyo (subrasante), como este ensayo es muy costoso se utiliza correlaciones con pruebas de resistencia ejemplo el CBR

Para determinar el valor de K se puede realizar mediante Ábacos o mediante la aplicación de la siguiente ecuación

$K = 22.168 * \ln(CBR) + 3.5018$

Donde

K = Resistencia de la subrasante en Mpa/m
$K = 22.168 * \ln(2.20) + 3.5018 = 20.98$ Mpa/m resistencia

3.4 Material de soporte para el pavimento

El manual cuenta con tres tipos de soporte como se observa en la tabla 16.

- suelo natural,
- base granular (Artículo INV 330) y
- base estabilizada con concreto (Articulo INV 341)

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

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

Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto tabla 3-3

Se toma un soporte con valor de 15 cm de espesor de base granular, y su efecto en el espesor de la estructura se tiene en cuenta elevando el valor de la capacidad de soporte

del terreno natural o suelo de subrasante

El diseño de pavimento en concreto sugerido se propone una base granular de espesor 15 cm que se interpone entre la losa de concreto y la subrasante. Esta capa granular al ser un material de mayor calidad y rigidez, actúa como un “colchón” que mejora la capacidad de soporte global del sistema

Para el porcentaje de compactación de la base granular, se debe tener en cuenta las “especificaciones generales de construcción de carreteras” del INVIAS. La norma para bases granulares artículo 330.

La base granular requiere una compactación mayor o igual del 98%, este nivel de compactación asegura una base estable y resistente para el pavimento, distribuyendo adecuadamente las cargas y previniendo problemas como asentamientos o fallas prematuras.

El porcentaje de compactación es crucial para el rendimiento del pavimento rígido por varias razones.

- Estabilidad: una compactación adecuada reduce los vacíos en la base granular, lo que aumenta su densidad y resistencia, evitando deformaciones y asentamientos bajo el tráfico.
- Capacidad de carga: una base bien compactada transfiere eficazmente las cargas del pavimento a la subrasante, minimizando el riesgo de fallas en la estructura.
- Drenaje: la compactación adecuada ayuda a controlar el movimiento del agua en la base, previniendo problemas como bombeo y la degradación de los materiales.

3.5 Características del concreto para pavimento

En los métodos de diseño de pavimentos de concreto, se considera la resistencia a la flexión, medida a 28 días, evaluada mediante su módulo de rotura, siguiendo el método de ensayo de la Norma INV E - 414, como uno de los parámetros que determinan el espesor.

3.6 Módulo de rotura

Para el presente diseño se tomará el nivel de resistencia a la flexión de la calidad del concreto de acuerdo al nivel de tránsito (número de camiones por día entre 2501-5000) la norma invias recomienda un valor de MR3 = 42 kg/cm² = 4.2 Mpa, como se observa en

la tabla 17

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

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

Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto ínvias tabla 3-4

3.7 Módulo de elasticidad

Es un parámetro que está involucrado en el comportamiento de los pavimentos de concreto, y por ende en el diseño mismo. Su determinación se hace a partir de ensayos de laboratorio, método de ensayo en la Norma INV E - 416, también se pueden utilizar correlaciones. Se considera que la incidencia de esta variable en el resultado final del diseño de espesores, tiene poca influencia

3.8 Juntas

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

Transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral y resumen de variables consideradas en diseño

Hay dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos laterales del pavimento, como son las bermas, los bordillos o los andenes, en el manual se identificaran con las siglas indicadas en las tabla 18. Y en la tabla 19 se observa el resumen de las variables para los diseños

Tabla 18 Denominaciones del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral

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

Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto invias tabla 3-5

El diseño de la estructura propuesto tendrá pasadores de carga (dovelas), y tendrá confinamiento como bordillos y andenes

Tabla 19: Variables consideradas en los análisis de diseño del pavimento

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

Tabla 3-6. Variables consideradas en los análisis de diseño del pavimento

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

Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto invias tabla 3 - 6

3.9 Datos de entrada para el diseño

Tránsito: según tabla 14 se toma T4 (13.244.304 ejes equivalentes de 8.2 Tn)
Periodo de diseño 20 años
Crecimiento anual del tránsito se determina año por año hasta llegar a los 20 años
Subrasante CBR 2.20 % (CBR sumergido)
Clasificación subrasante según tabla 15, se toma S2
Módulo resiliente de la subrasante es 3300 psi = 232.01 kg/cm²
La estructura de pavimento se soportará sobre una base granular de 0.15 m
Módulo rotura del concreto según tabla 17 se toma MR3 o 42 kg/cm² (resistencia a la flexión)
Vía de dos dirección con un carril por dirección
Vía con sardineles de confinamiento
Placas o losas con pasadores o dovelas para juntas transversales
Placas o losas con barras de anclaje o amarre para juntas longitudinales
Independientemente de la presencia de base granular en la estructura, la subrasante debe estar libre de materia orgánica y en el proceso de compactación de ella, se debe hacer de

tal manera que alcance el 95% del Proctor modificado.

Tabla 20: espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T4 como factor principal

ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES

		Tránsito T4																			
		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	30				29				26	30	29		26	29	28	30	25	29	27	30
	MR2	29				28				25	29	29		25	28	28	30	24	28	27	30
	MR3	28				27				25	28	29		24	27	28	30	23	27	27	30
	MR4	26	30			25	29			23	27	29		23	26	28	30	22	26	27	30
BG	MR1	28				28				26	30	28	30	25	29	28	30	25	28	27	29
	MR2	27				27				25	29	28	30	24	28	28	30	24	27	27	29
	MR3	26				26	30			24	28	28	30	23	27	28	30	23	26	27	29
	MR4	25	29			24	28			23	26	28	30	22	26	28	30	22	25	27	29
BEC	MR1	25	28			24	28	27	29	23	26	26	28	22	25	25	27	22	25	25	27
	MR2	24	27			23	27	27	29	22	25	26	28	21	24	25	27	21	24	25	27
	MR3	23	26			22	26	27	29	21	24	26	28	21	24	25	27	21	23	25	27
	MR4	22	25			22	25	27	29	21	24	26	28	21	24	25	27	21	23	25	27

Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto invias tabal 4 - 5

4.0 Esquema sugerido

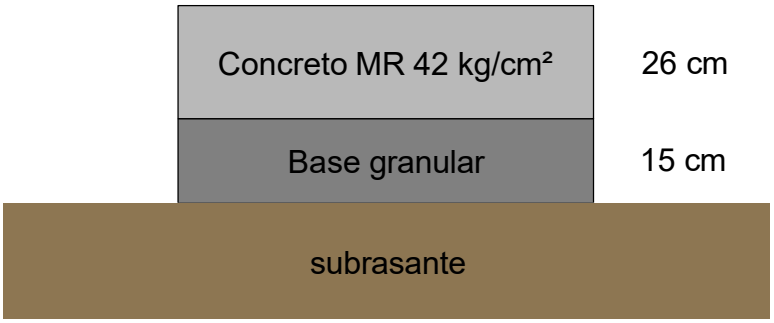
Dada la condición de alto volumen de tráfico comercial en cuantía y frecuencia, que se presenta en la vía Avenida Ambala (carrera 9 hasta la plaza de mercado del salado y carrera 14 desde la plaza de mercado el salado hasta el puente sobre el rio Alvarado), de la comuna 7 del casco urbano de Ibagué. Se recomienda una vía en concreto con alta resistencia y durabilidad MR 43 (42 kg/cm² resistencia a la flexión), con soporte en BG de espesor 0.15m, con transferencia de cargas con dovelas y con bermas como confinamientos laterales D y B.

4.1 Diseño estructura recomendado

Se tiene una combinación de la alternativa T4 (S2, D y B, MR 3)
Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia S2
Módulo rotura del concreto MR3 = 42 kg/cm²
con dovelas
Con confinamiento sardineles y andenes
Plataforma Base granular BG clase A espesor 15 cm (norma INVIAS E-148)
Losas lo más cuadradas posible

Juntas de construcción longitudinales y transversales
Sello en las juntas

Ilustración 8. Esquema de diseño recomendado



Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Cuadro resumen estructura ver tabla 22 y tabla 23

Alternativa	Soporte	Resistencia (kg/cm²	Espesor de Losa m)	Barras transferencia	Barras amarre	Bermas
A1	BG 0.15 m	MR 42	0. 26 m	Ø 1 3/8” L= 0.45 m e = 0.30 m 8 por módulo	Ø 1/2" L= 0.85 m e = 1.20 m 3 por módulo	SI

Fuente: Propio

4.2 Modulación de las losas y tratamiento

Con el fin de reducir las tensiones por contracción y por temperatura de modo que no se produzcan fisuras aleatorias en el concreto, así como para mantener la capacidad estructural y la calidad del pavimento dividido en tramos lógicos, deben tenerse en cuenta dos criterios fundamentales para la modulación de las losas de pavimento:
De acuerdo al capítulo 5 artículo 500.4.6.12 de las especificaciones técnicas de construcción de INVIAS, se deben realizar los cortes para las juntas transversales, tal que se evite que la separación entre juntas transversales sea mayor entre la menor medida entre 5 metros y 24 veces el espesor (h) de la losa, es decir:

24 x h ≤ L máxima ≤ 5 m
24 x 0.26 ≤ L máxima ≤ 5 m
6,24 m ≤ L máxima ≤ 5 m, lo cual se cumple con este requisito, considerando que la longitud de separación entre juntas transversales quedó establecida de 3,0 metros de longitud.
La longitud seleccionada de las placas de 3,0 metros también permite cumplir con la relación de esbeltez.

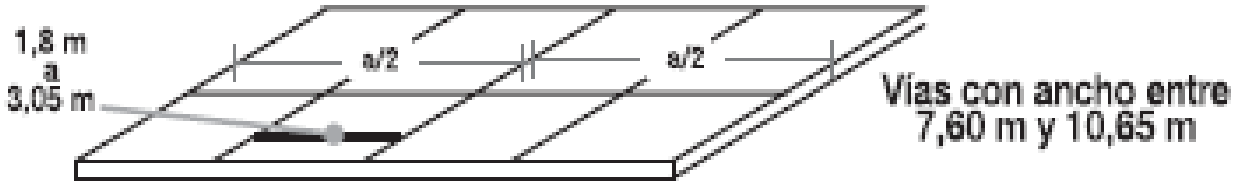
- La relación de esbeltez largo (L) / ancho (a) debe estar comprendida entre el rango 1 a 1,3

es decir,

$1 \leq L/a \leq 1,3$

La vía será transitada en ambas direcciones (doble sentido), y su ancho tiene 9.00 m, por lo tanto, se recomienda construir tres juntas longitudinales, definiendo cuatro franjas ver ítem 6.2.2.1 del capítulo 6 anexos del manual de pavimentos

Ilustración 9: Localización de las juntas longitudinales de doble sentido y ancho “A”



Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto invias figura 6.3

Se divide 9.00 ancho sección transversal en cuatro franjas ancho = 2.25 m

$1 \leq 3.00/2.25 \leq 1,4$

$1 \leq 1.33 \leq 1,4$ ok

Módulo de placas de 3.00 m de largo, 2.25 metros de ancha y espesor 0.26 metros

4.3 Diseño de juntas Cortes y sellos de las juntas

Las juntas se diseñan para controlar los esfuerzos como consecuencia del paso de los vehículos, y de los movimientos de contracción y dilatación del concreto y a las diferencias de temperatura.

Como el pavimento se diseñó en concreto por carriles se presentan juntas longitudinales y transversales

Las juntas en los pavimentos tienen diferentes funciones y se pueden clasificar en juntas de construcción, de contracción, de alabeo y de expansión o aislamiento. También se pueden clasificar según su alineación, en longitudinales y transversales

- Juntas de construcción: se construyen cuando se detiene la obra por un prolongado tiempo o al terminar la jornada de trabajo o por alguna emergencia.
- Juntas de retracción o contracción: son las que mayormente se observan en un

pavimento en concreto, su función es la de disminuir esfuerzos y tensiones producidas por fenómenos de retracción de una forma para controlar las fisuras, se hacen cortando el concreto, después de que pasan dos horas de haber terminado las labores de enrasado, nivelado, y rayado, pero antes de pasadas las 12 horas.

- Juntas de alabeo: son juntas que se presentan por cambios diferenciales por humedad y en la temperatura.
- Juntas de expansión o aislamiento: es unja junta especial que nos permite aislar, se construyen alrededor de pozos, sumideros, puentes obras de drenaje. Sin dejar aristas vivas.
  Si la obra a construir queda en el medio de una placa se debe construir la junta de aislamiento y reforzarla a su alrededor.
- Juntas longitudinales: son juntas que pueden ser de alabeo o construcción. El objetivo básico de estas juntas es el de controlar las fisuras en el pavimento, cunado los pavimentos no tienen confinamiento lateral, se debe dotar las juntas longitudinales con barras de anclaje, para impedir el desplazamiento de las losas de un carril, respecto a las del otro. Los aceros deben cumplir con el artículo INV 500-07 y lo que sea aplicable del artículo 640-07, el acero para el diseño recomendado debe ser de una resistencia de 280 Mpa (60000 psi). La selección del diámetro, separación, longitud y resistencia de las barras de anclaje, se puede hacer según los criterios indicados en la tabla 22 (tabla 6-1 manual de invias)

- Juntas transversales: estas juntas agrupan las de construcción, alabeo, expansión y construcción, esta junta se diseña para controlar las fisuras por contracción y alabeo.

4.4 Sistemas para la transferencia de cargas:

Se puede realizar por trabazón de agregados o colocando pasadores de carga, llamados pasajuntas (dovelas), construyendo una base propicia o combinando ambas alternativas

En el presente diseño se recomienda varillas de transferencia de carga, conocidas como pasadores de carga, o dovelas, que son barras de acero cortas y lisas con un límite de fluencia (fy) mínimo de 280 Mpa (2800 kg/cm² o 60000 psi) ver tabla 22 (tabla 6-1)

Tabla 22: Recomendaciones para las barras de anclaje

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

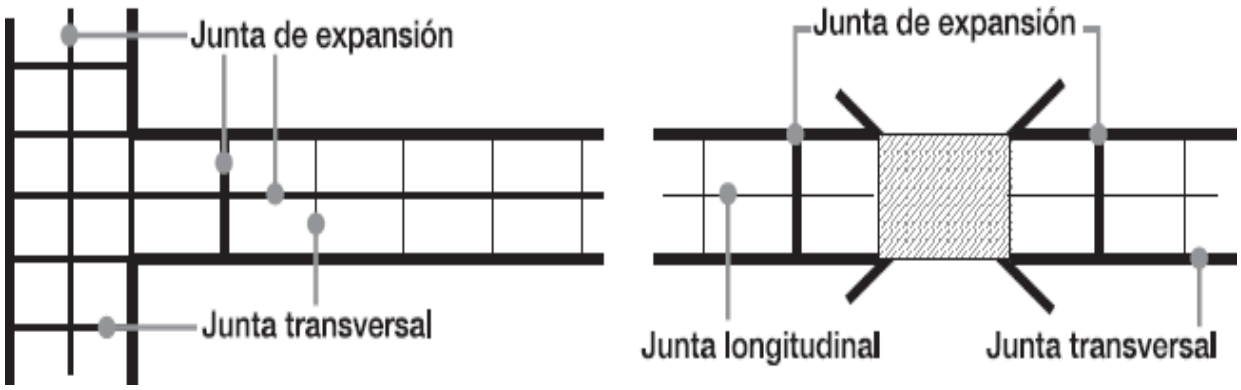
Tabla 6-1. Recomendación para las barras de anclaje

Tabla 23: Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga

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

Tabla 6-2. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga

Ilustración 10: Juntas de expansión en las intersecciones y cerca de algún obstáculo



Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto invias figura 6.1

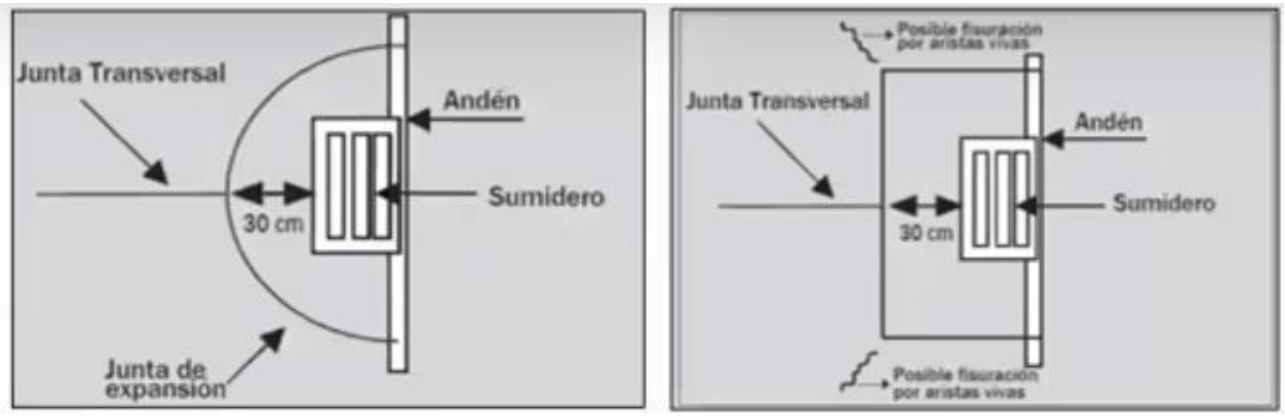
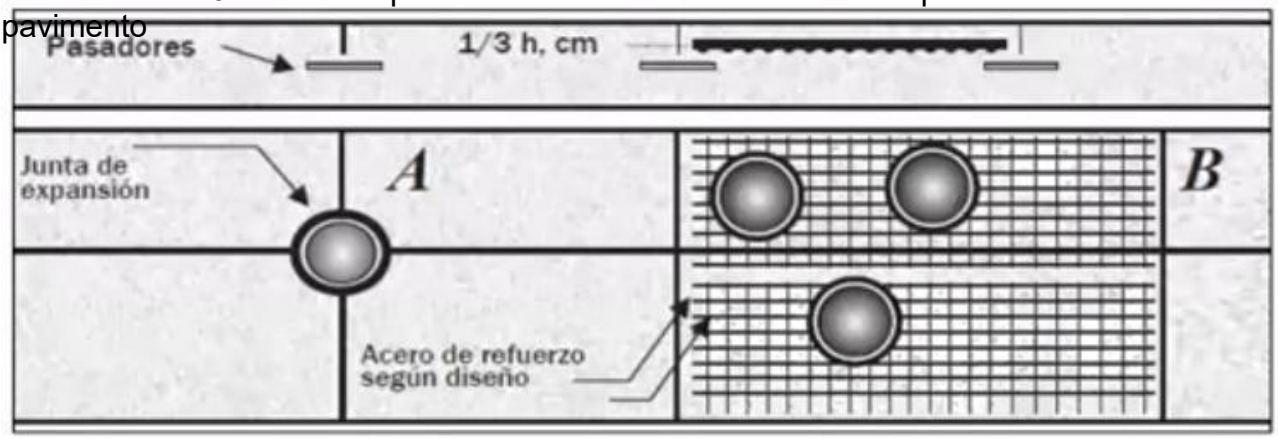
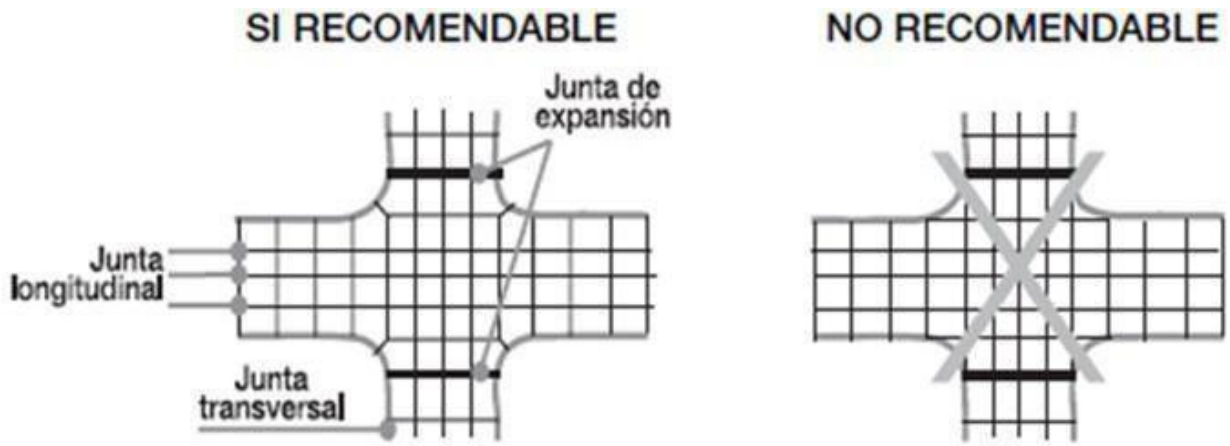


Ilustración 11: Juntas de expansión alrededor de elementos incorporados dentro del pavimento



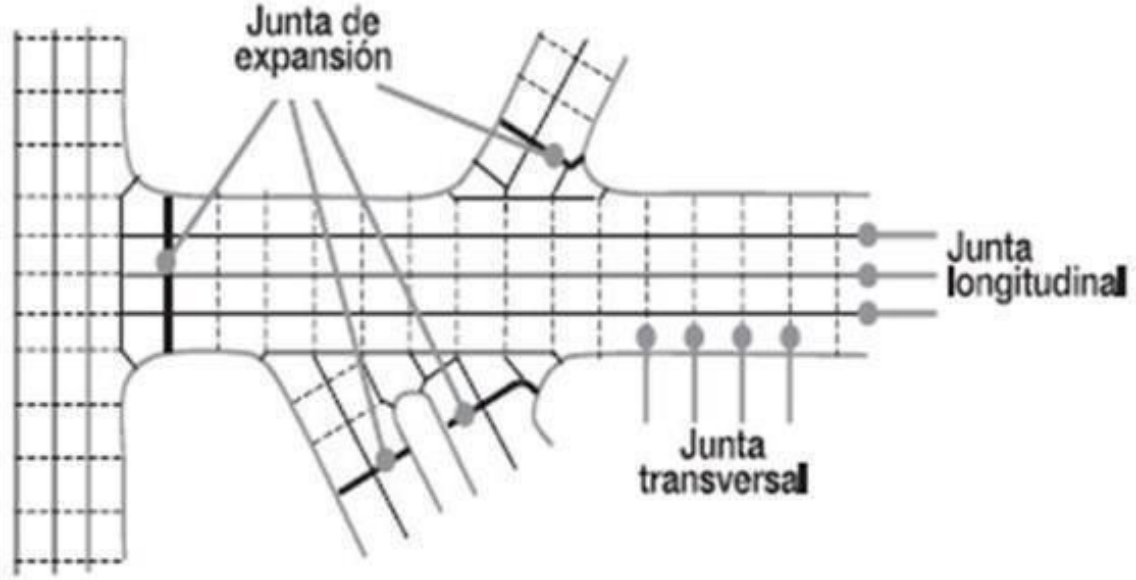
Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto figura 6.2

Ilustración 12: Localización de las juntas en cruce de vías



Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto figura 6.4

Ilustración 13: ejemplo del diseño de juntas



Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto figura 6.5

4.5 Cortes y sellos de las juntas

Las juntas longitudinales y transversales deben quedar bien alineadas, se debe realizar un corte a 1/3 del espesor de la placa con máquina de disco diamantado el momento en el que se debe realizar el corte se determina por las características del concreto y las condiciones atmosféricas

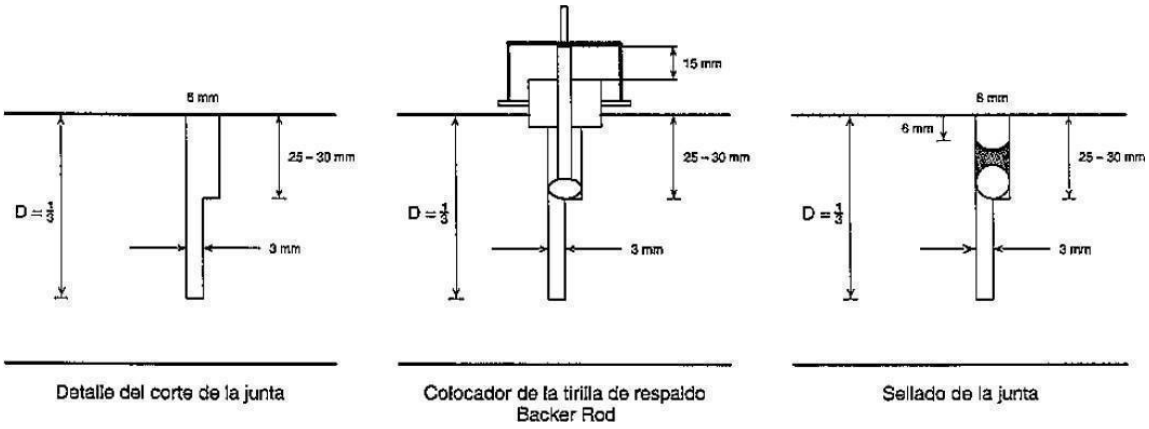
El corte inicial se realiza con un ancho de 3 mm para inducir la falla controlada, posteriormente, se realiza un ensanchamiento del corte para alojar el material de sello

El sello debe garantizar:
La hermeticidad del espacio sellado
La adherencia del sello a las caras de la junta
La resistencia a la fatiga por tracción y compresión
La resistencia a la acción del agua
Los solventes
Los rayos ultravioletas
La acción de la gravedad
El calor

El espacio de las juntas a sellar debe estar seco y limpio se debe lavar, barrer y soplar se utiliza compresor, previamente al vaciado del compuesto llenante se coloca una tirilla de respaldo, se debe presionar dentro de la junta con colocador adecuado, al colocar el sellante no se deben dejar sobrantes por encima de la superficie. La superficie del sello debe quedar 6 mm por debajo del borde de la junta.

No debe colocarse arena, asfalto liquido u otro material no adecuado como sello de junta. El sellamiento de las juntas se debe realizar dentro de los primeros 5 días y se debe proteger temporalmente.

Ilustración 14 Detalle de juntas



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

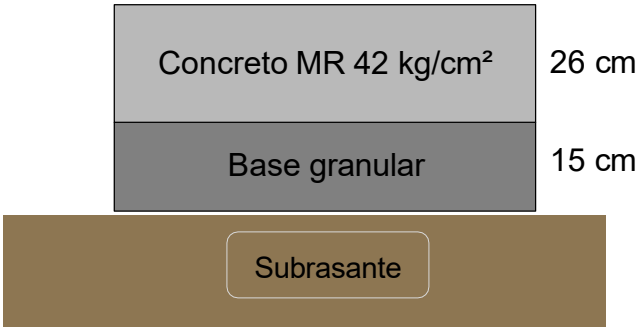
El diseño de la vía de la Avenida Ambala (carrera 9 hasta la plaza de mercado del salado y carrera 14 desde la plaza de mercado el salado hasta el puente sobre el rio Alvarado), de la comuna 7 del casco urbano de Ibagué. Se realizó en concreto simple con barras o pasadores de transferencia y con dovelas con sardineles y andenes que funcionaran como bermas para confinamiento utilizando el método de diseño de Invias.

El módulo de rotura o valor de la resistencia a la flexo-tracción del concreto que se recomendó en este diseño es un MR3 = 42 kg/cm² que se evalúa a los 28 días y se mide con base en el ensayo resistencia a la flexión del concreto. Método de la viga simple cargada en los tercios de la luz (norma INV E414)

Como ventaja del pavimento en concreto es que se brinda una alta resistencia al desgaste, no se ha huella en ninguna dirección y cuando la losa tiene menos de 5 metros de longitud el efecto de la temperatura en los esfuerzos es despreciable.

Los estudios geotécnicos y de suelos de este sector de la ciudad la caracterizan litológicamente en el abanico de Ibagué (Qfv) donde se determina que en esta vía existente predomina suelos de arenas limosas y arcillosas (SM; SC), color grisáceo y amarillo, de baja plasticidad, de compresibilidad media a baja. Donde la subrasante actual de la vía, arroja un CBR de 2.20 %

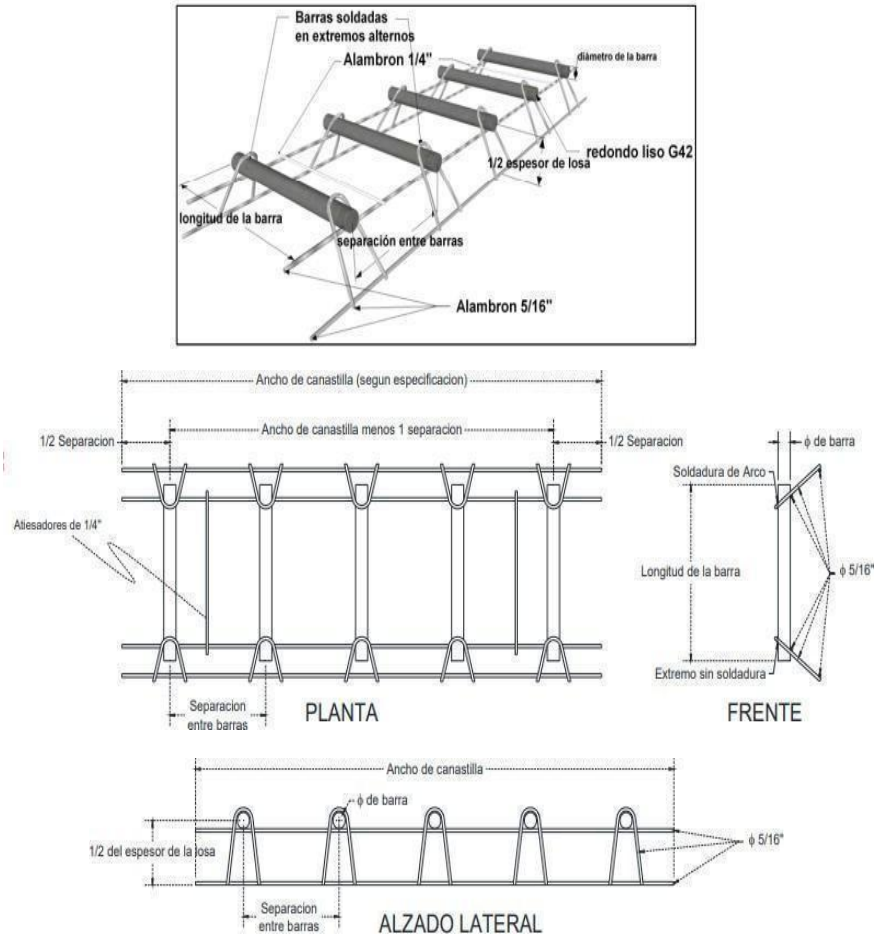
La alternativa propuesta el diseño es una placa en concreto, con espesor de 26 cm, con pasadores de transferencia, confinado por los lados con sardineles y andenes, soportada sobre una base granular clase A, espesor de 15 cm.



Fuente. Elaboración propia.

En la estructura propuesta se utilizará base granular clase A, con espesor de 15 cm, para prevenir el fenómeno del bombeo, sin embargo, su presencia tiene como consecuencia un incremento en la capacidad de soporte del pavimento que se puede aprovechar para efectos de diseño, porque disminuye el espesor de la losa. La base granular debe cumplir con las especificaciones técnicas de INVIAS, 2.022, capítulo 3, artículo 330.

Cada módulo o placa tiene en su sección transversal, barras de transferencia (dovelas) con diámetro de 1 3/8”, longitud de 45 cm, espaciadas entre ejes cada 30 cm son de acero liso, completamente engrasadas. Se deben localizar en la mitad del espesor de la losa, montadas sobre canastillas de acero, las cuales se deben fijar sobre la base granular. Antes del vaciado, se les colocara concreto encima con el fin de evitar desplazamientos producidos por la vibración del equipo de colocación.



En su sección longitudinal se debe colocar barras de amarre, localizadas en la mitad del espesor de la placa, con acero corrugado, diámetro de 1/2", longitud 85 cm, espaciadas entre ejes 1.20 m.

Se deben construir Juntas de construcción longitudinales y transversales, con sellos en las juntas con el fin de controlar los esfuerzos que se presentan en el concreto como consecuencia de los movimientos de contracción y de dilatación del material y a los cambios de temperatura y humedad, entre la cara superficial y la de soporte de las losas de concreto.

Se contempló en un solo sector homogéneo por vía a intervenir se evaluó partiendo de las características y propiedades geométricas propuestas para el corredor vial y su correspondiente análisis geológico teniendo en cuenta las variables de diseño geométrico, composición geológica (formaciones rocosas y superficiales), tránsito y respuesta geotécnica de la subrasante medida a partir de CBR.

El cálculo de la estructura de pavimento de la vía a mejorar o rehabilitar se desarrolló con base en las recomendaciones dadas por el INVIAS, y siguiendo los lineamientos de los manuales de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos medios y altos volúmenes de tránsito.

Las estructuras de pavimento en concreto hidráulico se proyectaron a un periodo de diseño de (20 años).

Para el control del proceso constructivo y el control de calidad del pavimento de concreto hidráulico, se debe cumplir con las especificaciones técnicas de INVIAS, 2.022, capítulo 5, artículo 500.

Luego de excavar en las profundidades establecidas según la alternativa de intervención implementada, se recomienda mediante el paso de volquetas doble troque cargadas sobre la subrasante, identificar las zonas de baja consistencia, las cuales, en caso de ser puntuales o localizadas, deberán ser intervenidas según lo acordado en obra conjuntamente entre el Constructor y la Interventoría; En el caso de presentarse zonas de consistencia baja generalizadas en el corredor vial, se deberá dar oportuno aviso al especialista para realizar las verificaciones e introducir los ajustes necesarios según sea el caso. Se recomienda por lo tanto, considerar capas con roca rajón para estabilizar subrasantes.

Se recomienda que el material de subrasante sea perfilado, nivelado y compactado una vez se alcance la cota de localización.

Se debe evitar al máximo en la medida de lo posible que el material de subrasante quede expuesto a la acción de la lluvia, para lo cual se deberán realizar las excavaciones y conformaciones de material granular en el menor tiempo posible. En los sitios donde para la construcción de la estructura de pavimento existan

ductos o redes de servicios, a profundidades inferiores al espesor total requerido para el pavimento, se deberá realizar una protección de los ductos usando un geotextil no tejido y luego fundiendo una placa de concreto con espesor y módulo de rotura variable, dependiendo de cada situación en particular (tipo de ducto a proteger).

Se debe mantener permanente control en el proceso constructivo de las estructuras de pavimento, deberá verificarse que los equipos empleados cumplan con las especificaciones técnicas de construcción definidas por INVIAS, según el documento de Especificaciones Generales de Construcción 2022. Se debe tener un control estricto en la verificación de los espesores de las diferentes capas que conforman las estructuras de pavimento, ya que la conformación de capas con menores espesores a los obtenidos en el diseño redundará en la reducción de la vida útil proyectada del pavimento.

De manera previa a la construcción de las estructuras de pavimento, se deberán construir sistemas que faciliten el drenaje y subdrenaje de las vías y su área circundante, para lo cual se deberán localizar conjuntamente con la Interventoría los puntos en los que se plantea la construcción de dichas obras de drenaje y subdrenaje, de acuerdo con lo indicado en el diseño hidráulico; con estas obras se busca lograr una adecuada captación y encauzamiento de las aguas superficiales y subsuperficiales, disminuyendo los tiempos de saturación y por ende, de debilitamiento de la estructura, de manera tal que se garantice como mínimo el tiempo de vida útil proyectado para estas estructuras.

Se debe dejar un bombeo transversal mínimo del 2% y con la pendiente longitudinal se deberá garantizar que la escorrentía superficial pueda ser encausada efectivamente hacia los puntos de drenaje definidos en el diseño hidráulico.

La estructura de pavimento final debe tener una calidad tal que se garantice una superficie homogénea tanto en forma como en composición de materiales, y no deberá presentar fallos de ningún tipo; en caso de presentarse estos deberán corregirse previamente a la puesta en funcionamiento de la vía.

Se recomienda considerar la instalación de geotextil para la separación de la subrasante de las capas granulares, con el fin de minimizar la migración de finos.

llevar un adecuado control de calidad de obra, de acuerdo con los ensayos mínimos exigidos en las Especificaciones Generales de Construcción del INVIAS, para pavimentos de concreto.

Mientras la vía está en funcionamiento se deberán realizar los trabajos de limpieza conservación, reparación y reconstrucción del pavimento, que sean necesarios para mantener, la condición de la vía, en buen estado.

La frecuencia de las intervenciones y las cantidades de obra a ejecutar podrán variar de acuerdo con las circunstancias climáticas y otras características, pero siempre deberán cumplir con las especificaciones y parámetros técnicos exigidos.

El mantenimiento vial incluye acciones rutinarias de limpieza de bermas y derecho de vía, de señalización vertical y horizontal, de mantenimiento de los sistemas de drenaje y en general de manejo del agua y en el caso de los pavimentos de concreto, son necesarias las actividades de sellado de juntas y de fisuras y en ciertas ocasiones se puede llegar a reparaciones superficiales y profundas.

Se recomienda realizar mantenimientos periódicos (reposición material sello de juntas con una frecuencia de 5 a 7 años, reconstrucción del 5% de áreas construidas mediante reparaciones parciales y totales con frecuencia de 10 años, demolición y reconstrucción del 5% del área construida con frecuencia entre 15 a 20 años.

Independientemente de la presencia de base granular BG en la estructura, la subrasante debe estar libre de materia orgánica y en el proceso de compactación de ella, se debe hacer de tal manera que alcance el 95% del Proctor modificado.

El diseño de los andenes con 15 cm de espesor, se justifica considerando que no solamente serán utilizados por peatones, dado el alto porcentaje del uso de predios destinados a vivienda, recreación, turismo y comercio. Ejemplo, la existencia de ferreterías, supermercados, restaurantes, montallantas, canchas sintéticas, tiendas, viviendas, proyectos urbanísticos, centros turísticos, etc., lo cual continuará generando la invasión de las áreas de andenes, por la invasión masiva sobre ellos de furgones, camiones C2P, vehículos montacargas y volquetas, para cargue y descargue de mercancía y materiales, así como motocicletas dada su alta demanda de uso.

Elaboró.



ING CIVIL JOSE HERNAN RIOS
Especialista en diseño y construcción de pavimento
secretaría de infraestructura del municipio de Ibagué

Vo. Bo.



ING CIVIL HUMBERTO GONZALEZ
Especialista en ingeniería de pavimentos
Secretaria de infraestructura y hábitat de la gobernación del Tolima

BIBLIOGRAFÍA

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con bajos volúmenes de tránsito. Bogotá: INVIAS, 1997. 62 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. Bogotá: INVIAS, 1998. 117 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Especificaciones generales de Construcción de carreteras. Bogotá: INVIAS, 2007.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. Bogotá: INVIAS

LONDOÑO NARANJO, Cipriano Alberto. Diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de concreto. Medellín: ICPC, 2001.

MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Bogotá:
Universidad Católica de Colombia, 1998. 759 p