	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS		Código	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): ALEXANDER APELLIDOS: RAMÍREZ BANGUERO

NOMBRE(S): LUIS ALFREDO APELLIDOS: MARTÍNEZ RAMÍREZ

FACULTAD: INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): CARLOS JAIR APELLIDOS: PORRAS MARTÍNEZ

CO-DIRECTOR:

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ESTUDIO, ANALISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO EN LA CARRERA 2A ENTRE CALLES 9 Y 11 EN EL BARRIO ARAGUANEY DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

RESUMEN

Este proyecto se basó en el estudio, análisis y diseño de un pavimento rígido en la carrera 2ª entre calles 9 Y 11 en el barrio Araguañey del municipio de Arauquita, departamento de Arauca. Para ello, se implementó una investigación descriptiva y evaluativa. La información se obtuvo mediante estudios de suelos, tránsito y diseños de mezclas para el pavimento. La población y muestra correspondió a las familias que habitan en la carrera 2ª entre calles 9 y 11 del barrio Araguañey. Se logró realizar el estudio de suelos identificando el tipo de terreno. Posteriormente, se realizó el estudio de tránsito determinando el número de ejes equivalentes que circulan por la vía. Finalmente, se diseñó la estructura del pavimento rígido para el mejoramiento de la vía y beneficios de los habitantes del sector.

PALABRAS CLAVE: Pavimento rígido, diseños de mezclas, estudios de suelos, ensayos de laboratorio.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 103 PLANOS: ILUSTRACIONES: CD ROOM: 1

Copia No Controlada

ESTUDIO, ANALISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO EN LA CARRERA 2A
ENTRE CALLES 9 Y 11 EN EL BARRIO ARAGUANEY DEL MUNICIPIO DE
ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ALEXANDER RAMÍREZ BANGUERO
LUIS ALFREDO MARTÍNEZ RAMÍREZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL
SAN JOSE DE CÚCUTA

2022

ESTUDIO, ANALISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO EN LA CARRERA 2A
ENTRE CALLES 9 Y 11 EN EL BARRIO ARAGUANEY DEL MUNICIPIO DE
ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ALEXANDER RAMÍREZ BANGUERO
LUIS ALFREDO MARTÍNEZ RAMÍREZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director:

CARLOS JAIR PORRAS MARTÍNEZ

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL

SAN JOSE DE CÚCUTA

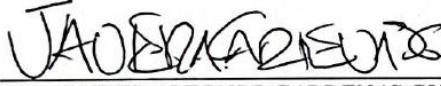
2022


ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 20 DE SEPTIEMBRE DE 2022 HORA: 3:00 p. m.
LUGAR: SALA DE JUNTAS INGENIERIA CIVIL
PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL
TITULO DE LA TESIS: "ESTUDIO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CARRERA 2A ENTRE CALLES 9 Y 11 EN EL BARRIO ARAGUANAY DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".
JURADOS: ING. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ
ING. MARIA ALEJANDRA BERMON BENCARDINO
DIRECTOR: INGENIERO CARLOS YAIR PORRAS MARTINEZ

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
ALEXANDER RAMÍREZ BANGUERO	1112584	4,0	CUATRO, CERO

APROBADA


ING. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ


ING. MARIA ALEJANDRA BERMON BENCARDINO
06379.

Vo. Bo. 
JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

Contenido

	pág.
Introducción	15
1. Problema	16
1.1 Título	16
1.2 Planteamiento del Problema	16
1.3 Formulación del Problema	17
1.4 Justificación	17
1.5 Objetivos	18
1.5.1 Objetivo general	18
1.5.2 Objetivos específicos	18
1.6 Delimitaciones	18
1.6.1 Delimitación espacial	18
1.6.2 Delimitación temporal	19
1.6.3 Delimitación conceptual	19
2. Marco Referencial	21
2.1 Antecedentes	21
2.1.1 Internacionales	21
2.1.2 Nacionales	21
2.1.3 Locales	22
2.2 Marco Teórico	23
2.2.1 Clasificación del suelo	23
2.2.2 Tipos de pavimentos	24
2.2.2.1 Pavimento articulado	24

2.2.2.2 Pavimento rígido	24
2.2.2.3 Pavimento flexible	25
2.2.2.4 Pavimento semi-rígido	25
2.2.3 Características de una vía	26
2.2.4 Compactación del terreno	26
2.2.5 Requerimientos mínimos para la construcción de pavimentos rígidos	27
2.3 Marco Conceptual	27
2.2.3.1 Sub rasante	27
2.2.3.2 Sub base granular	28
2.2.3.3 Superficie de rodadura	28
2.2.3.4 Laboratorio de suelos	28
2.2.3.5 Perfil de suelo	28
2.2.3.6 Resistencia	28
2.2.3.7 Concreto hidráulico reforzado	28
2.2.3.8 Concreto hidráulico simple	29
2.2.3.9 Cemento para el concreto hidráulico	29
2.2.3.10 Agua para el concreto hidráulico	29
2.2.3.11 Aditivos	29
2.2.3.12 Pavimento rígido	30
2.2.3.13 Juntas	30
2.4 Marco Legal	30
2.4.1 Elementos para la elección de pavimentos de concreto	30
2.4.2 Aspectos técnicos	31
2.4.2.1 Ventajas e inconvenientes de los pavimentos de concreto	31

2.4.2.2	Calidad de los agregados	32
2.4.2.3	Sub rasante clima	32
2.4.3	Aspectos económicos	33
2.4.3.1	Costos de construcción y conservación	33
2.4.4	Otros factores	34
2.4.5	El tránsito y el período de diseño	34
2.4.6	La subrasante	35
2.4.7	Material de soporte para el pavimento	36
2.4.8	Características del concreto para pavimentos	36
2.4.9	Juntas	37
2.4.10	Transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral	37
2.4.11	Metodología de diseño	38
2.5	Marco Contextual	39
3.	Diseño Metodológico	41
3.1	Tipo de Investigación	41
3.2	Población y Muestra	41
3.2.1	Población	41
3.2.2	Muestra	41
3.3	Enfoque	41
3.4	Recolección de Información	42
3.4.1	Fuentes	42
3.4.2	Técnicas	42
3.4.3	Instrumentos	42
3.5	Procesamiento de la Información	42

4. Resultados	43
4.1 Objetivo 1. Realizar el Estudio de Suelos para Identificar el Tipo de Terreno que se va a Trabajar, y Determinar el Manejo Superficial de las Aguas Lluvias	43
4.1.1 Trabajos de campo	43
4.1.2 Muestreo y registros de excavaciones	44
4.1.3 Ensayos de laboratorio	45
4.1.3.1 Ubicación de los ensayos de laboratorio	45
4.1.3.2 Ensayos estándar	45
4.1.3.3 Ensayos especiales	47
4.1.4 Clasificación de suelos	48
4.1.5 Conformación del subsuelo	48
4.1.6 Características del terreno de fundación	49
4.1.7 Estimación del CBR de diseño	50
4.2 Objetivo 2. Realizar estudio de tránsito para determinar el número de ejes equivalentes que circulan por la vía	52
4.2.1 Estudio de tránsito	52
4.2.1.1 Objeto del estudio de tránsito	52
4.2.1.2 Estimación de tránsito de diseño	53
4.2.1.3 Conversión del tránsito promedio diario semanal (TPDs) a ejes equivalentes de 80 Kn	55
4.2.1.4 Parámetros de diseño del tránsito	56
4.2.1.5 Determinación del número de ejes equivalentes en el carril de diseño para el año base	57
4.2.1.6 Determinación del número acumulado de ejes equivalentes en el carril de	

diseño para el periodo de diseño	58
4.2.1.7 Determinación del número de ejes equivalentes en el carril de diseño durante el periodo de diseño con el nivel de confianza del 80%	58
4.3 Objetivo 3. Diseñar la Estructura del Pavimento Rígido para el Mejoramiento de la vía y Beneficios de los Habitantes del Sector	58
4.3.1 Procedimiento para el diseño estructural del pavimento rígido	58
4.3.1.1 Parámetros y variables de diseño	58
4.3.1.2 Dimensionamiento de la estructura	59
4.3.1.3 Modulación de las losas de concreto y acero de refuerzo	62
4.3.1.4 Acero de refuerzo de la placa de concreto	65
4.3.1.5 Proceso constructivo	66
4.3.1.6 Periodo de retorno de diseño	74
4.3.1.7 Diseño hidráulico	79
5. Conclusiones	81
6. Recomendaciones	84
Referencias Bibliográficas	86
Anexos	89

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Localización de municipio de Arauquita	19
Figura 2. Elementos de construcción para un pavimento de concreto	27
Figura 3. Categorías de tránsito para la selección de espesores	35
Figura 4. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia	36
Figura 5. Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto	37
Figura 6. Valores de resistencia a la flexotracción del concreto (módulo de rotura)	37
Figura 7. Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral	38
Figura 8. Esquema representativo de una estructura en pavimento	39
Figura 9. Fotografía 1. Imagen satelital de la Cra.2A entre calle 9 y 11 municipio de Arauquita	40
Figura 10. Ubicación de apiques	45
Figura 11. Análisis granulométrico por tamizado	46
Figura 12. Material que pasa el tamiz N°200 Límite Plástico	46
Figura 13. Límite plástico y contenido de humedad	47
Figura 14. Ensayo CBR	47
Figura 15. Estimación del CBR de diseño	52
Figura 16. Conteo vehicular	54
Figura 17. Registro fotográfico conteo vehicular	55
Figura 18. Categoría de tránsito para la selección de espesores	59
Figura 19. Variables usadas en los análisis de diseño del pavimento	60
Figura 20. Espesores de losa de concreto cm de acuerdo con la combinación de variables-T1	61

Figura 21. Localización de las juntas longitudinales de doble sentido y de ancho A	63
Figura 22. Juntas de expansión en las intersecciones y cerca de algún obstáculo	63
Figura 23. Juntas de expansión alrededor de elementos incorporados dentro del pavimento	64
Figura 24. Localización de las juntas en un cruce de vías	65
Figura 25. Ejemplo del diseño de las juntas	65
Figura 26. Perfil de la estructura del pavimento	66
Figura 27. El Área de drenaje total y sobre el cual tendrá incidencia directa el proyecto en estudio es de 1.0852 ha	71
Figura 28. Curva IDF	73
Figura 29. Intensidades para las duraciones de mm/h	73
Figura 30. Tipos de superficie	79

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. AP1. Carrera 2a entre calles 9 y 10	49
Tabla 2. AP2. Carrera 2a cruce con la calle 10	49
Tabla 3. AP3. Carrera 2a entre calles 10 y 11	50
Tabla 4. Clasificación de los suelos según CBR	50
Tabla 5. Clasificación de los suelos según CBR obtenido	50
Tabla 6. Estimación del CBR de diseño	51
Tabla 7. Factor de daño de carga por grupo vehicular	56
Tabla 8. Parámetros de diseño	57
Tabla 9. Factor direccional	57
Tabla 10. Estructura de pavimento	61
Tabla 11. Periodo de retorno o grado de protección	75
Tabla 12. Cálculo de caudal de diseño	80

Lista de Anexos

	pág.
Anexo 1. Evidencias fotográficas	90
Anexo 2. CBR carrera 2 A calle 9 Y 13 AP N° 1	91
Anexo 3. CBR carrera 2 A calle 9 Y 13 AP N° 2	93
Anexo 4. CBR carrera 2 a calle 9 Y 13 AP N° 3	95
Anexo 5. Diseño pavimento carril Ancho 7m-Modelo	97
Anexo 6. L1-Carrera 2 A (Graf)	98
Anexo 7. L1-Carrera 2 A	99
Anexo 8. L2-Carrera 2A (Graf)	100
Anexo 9. L2-Carrera 2A	101
Anexo 10. L3-Carrera 2A (Graf)	102

Resumen

Este proyecto se basó en el estudio, análisis y diseño de un pavimento rígido en la carrera 2ª entre calles 9 Y 11 en el barrio Araguaney del municipio de Arauquita, departamento de Arauca. Para ello, se implementó una investigación descriptiva y evaluativa, ya que se realizó el estudio de suelos determinando las características fisicomecánicas del subsuelo. La información se obtuvo mediante estudios de suelos, tránsito y diseños de mezclas para el pavimento. La población y muestra correspondió a las familias que habitan en la cra 2ª entre calles 9 y 11 del barrio Araguaney del municipio de Arauquita, departamento Arauca, país Colombia. Se logró proponer una alternativa de diseño estructural para la construcción de un pavimento rígido ubicado en la Cra. 2A entre calle 9 y 11 del Barrio Araguaney, cabecera municipal, del Municipio de Arauquita - Departamento de Arauca país Colombia. Seguidamente, se realizó el estudio de suelos identificando el tipo de terreno que se trabajó para luego determinar el manejo superficial de las aguas lluvias. Posteriormente, se realizó el estudio de tránsito determinando el número de ejes equivalentes que circulan por la vía. Finalmente, se diseñó la estructura del pavimento rígido para el mejoramiento de la vía y beneficios de los habitantes del sector.

Introducción

Con los estudios de suelos y el diseño estructural propuesto para la realización del pavimento rígido, se desea mejorar la calidad de vida y el acceso al sector en estudio, el cual está delimitado desde la carrera 2A entre calles 9 y 11 del barrio Araguañey del casco urbano del municipio de Arauquita- Departamento de Arauca.

Por otra parte, este diseño de pavimento busca mejorar la circulación del tránsito existente tanto vehicular como peatonal con el fin disminuir los tiempos de desplazamiento de un lugar a otro y creando un ambiente confiable, cómodo y seguro a sus usuarios.

El pavimento rígido se ha convertido en una alternativa durable y con bajo costo de mantenimiento la cual ofrece a la comunidad beneficios en seguridad y buen drenaje de aguas lluvia, en conclusión, estas ventajas lo hacen más factible a la hora de proponerlo como solución a dicha problemática.

Hoy en día el país se encuentra en una etapa de desarrollo muy importante, por lo cual debe invertir en la infraestructura vial de cada uno de los Departamentos que la conforman, como estrategia de movilidad, comunicación, competitividad y desarrollo.

1. Problema

1.1 Título

ESTUDIO, ANALISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO EN LA CARRERA 2^a ENTRE CALLES 9 Y 11 EN EL BARRIO ARAGUANEY DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.

1.2 Planteamiento del Problema

Varias de las vías del Municipio de Arauquita se encuentran completamente destapadas y en malas condiciones; la falta de un adecuado pavimento, trae como consecuencia efectos negativos sobre la comunidad afectada; la Cra. 2A entre calles 9 y 11, se encuentra este problema donde los habitantes del Barrio Araguaney han hecho una serie de solicitudes a la alcaldía del municipio, para el mejoramiento de la misma y quienes no han mostrado interés por solucionar este problema.

Hoy en día, persisten los problemas por no contar con un buen acceso vehicular y peatonal a las diferentes viviendas; produciendo molestias en el sector debido a que dependiendo de la temporada de invierno o verano deben soportar el pantano o el polvo lo que incrementa la posibilidad de contraer enfermedades respiratorias, así como el tener que sortear los baches existentes en las vías para acceder a sus viviendas.

Cabe resaltar que, para cualquier comunidad, el contar con infraestructura adecuada, funcional y estratégica, es de vital importancia para facilitar su desarrollo, las vías constituyen unas de las estructuras principales que aportan a dicho desarrollo.

1.3 Formulación del Problema

¿Cuál ha sido la problemática que ha tenido la comunidad de la Cra 2A entre calle 9 y 11 del barrio Araguaney del municipio de Arauquita por la carencia de un pavimento rígido que se ha acorde a sus necesidades?

1.4 Justificación

El desarrollo de esta propuesta se basa en el diseño estructural de un pavimento rígido para el sector, el cual permitiría que esta población tenga una alternativa de solución para gestionar ante los diferentes entes gubernamentales recursos para solucionar esta necesidad; la cual beneficiaría a unas 435 personas que habitan este sector, cabe recordar que estas familias requieren de esta infraestructura para traer desarrollo a la comunidad.

Por tales razones, es importante realizar una propuesta que permita el diseño del pavimento rígido para desarrollar una alternativa de solución al acceso del barrio y así ayudar a esta comunidad.

Esta es una alternativa viable ya que si se continua con la construcción de pavimentos en concreto rígido, se lograra erradicar aguas estancadas que producen grandes focos de contaminación que impactan directamente sobre la salud pública de la comunidad produciendo enfermedades diarreicas y de paludismo; en contraste en épocas de verano se generan brotes de enfermedades virales como la gripe, causada por la contaminación del aire producto del alto contenido del polvo que levantan los vehículos que transitan por las vías sin pavimentar.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general. Proponer alternativa de diseño estructural para la construcción de un pavimento rígido ubicado en la Cra. 2A entre calle 9 y 11 del Barrio Araguaney, cabecera municipal, del Municipio de Arauquita - Departamento de Arauca país Colombia.

1.5.2 Objetivos específicos. A continuación, se presentan los objetivos específicos:

Realizar el estudio de suelos para identificar el tipo de terreno que se va a trabajar, y determinar el manejo superficial de las aguas lluvias.

Realizar estudio de tránsito para determinar el número de ejes equivalentes que circulan por la vía.

Diseñar la estructura del pavimento rígido para el mejoramiento de la vía y beneficios de los habitantes del sector.

1.6 Delimitaciones

1.6.1 Delimitación espacial. El Proyecto presentado para obtener el diseño estructural del pavimento rígido se centró principalmente en la cabecera municipal, Cra. 2A entre calle 9 y 11 Barrio Araguaney del casco urbano del municipio de Arauquita, departamento Arauca, país Colombia.

Las vías objeto del presente estudio hacen parte de la malla vial urbana del municipio de Arauquita, las cuales comunican diferentes sectores del municipio de Arauquita.

El municipio de Arauquita se encuentra ubicado en el Departamento de Arauca al Oriente Colombiano en los límites de la Orinoquía Colombiana y venezolana. Sobre la margen derecha

del Río Arauca en el sector norte y centro del departamento de Arauca y tiene una extensión territorial de aproximadamente de 3.281,23 km². Distancia Arauquita -Arauca 74,32 km Distancia en línea recta, 100 km Distancia en ruta; Arauquita - Saravena 50,65 km Distancia en línea recta, 585 km Distancia en ruta.



Figura 1. Localización de municipio de Arauquita

Fuente: Google Maps. (2022).

1.6.2 Delimitación temporal. El proyecto se llevó a cabo durante 3 meses a partir de la fecha de aprobación del anteproyecto, con el fin de realizar los diseños propuestos en los objetivos específicos; del diseño pavimento rígido, en el municipio de Arauquita, Departamento Arauca, país Colombia.

1.6.3 Delimitación conceptual. Para la ejecución de este proyecto fue necesario saber conceptos sobre:

- Sub rasante.
- Sub base granular.
- Superficie de rodadura.

- Concreto hidráulico simple.
- Concreto hidráulico reforzado.
- Concreto hidráulico reforzado continuo.
- Cemento para el concreto hidráulico.
- Agua para el concreto hidráulico.
- Materiales pétreos para el concreto hidráulico.
- Aditivos.
- Resistencia del concreto hidráulico.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales. Ruiz (2011). “Análisis de los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos”. El presente estudio define un diagnóstico detallado de las patologías sufridas por varios proyectos en pavimento rígido del país y particularmente en la zona norte de Manabí, y que en base a un seguimiento riguroso se pudo constatar las diferentes causas que las provocaron.

Para elaborar la presente tesis, fue necesario realizar un diagnóstico detallado de las vías más críticas en el país, especialmente la Chone-Canuto-Calceta-Junín-Pimpiguasí, en la que se evidencia deterioros severos en su estructura, lo que justifico elaborar diseños y ensayos en el laboratorio, para verificar si las características de los materiales utilizados en esta vía son los más adecuados. Las visitas a los diferentes proyectos y a las experiencias compartidas de los consultores y constructores permitieron recopilar un compendio de reparaciones adecuadas y consideraciones necesarias para evitar a futuro las patologías en los proyectos viales de pavimentos rígidos.

2.1.2 Nacionales Galeano & León (xxx). “Propuesta de diseño para la Construcción de pavimento rígido para la carrera 28 entre calle 2 barrio 1 de mayo Ocaña Norte de Santander”. Este trabajo se basa principal al método de la Portland Cement Association de los Estados Unidos, para determinar los espesores de las losas que sean apropiados para soportar las cargas de tráfico en calles, caminos y carreteras de hormigón. El propósito de diseño es el mismo que para otras estructuras de ingeniería; obtener el espesor mínimo que resultara en el costo más bajo, para los costos de inversión inicial y de mantenimiento. Si el espesor es mayor de lo necesario, el

pavimento prestará un buen servicio con bajos costos de mantenimiento, pero el costo de inversión será alto. De acuerdo a esto se elaborará el diseño más óptimo realizando un estudio de TPD (Transito Promedio Diario) para conocer el transito que pasa por esta via y definiendo la categoría, luego realizando una caracterización del suelo para conocer el módulo de rotura, luego con estos factores se pre dimensionará el pavimento.

Monsalve & y Giraldo (2011). “Diseño de pavimento flexible y rígido, vía aeropuerto el Edén”. El presente informe tiene como objetivo mostrar los diseños de los pavimentos rígidos para un periodo de diseño de y flexibles con un periodo de diseño de 20 años, para el municipio Santander de Quilichao con un periodo de diseño, que permitan sustituir el actual pavimento que no presenta condiciones adecuadas. Para esto se hace necesario un análisis del tránsito proyectado a un periodo de diseño de 20 años con conversión del tránsito a ejes equivalentes, un estudio de geotécnico el cual se hace por medio de una caracterización de los apiques que permiten determinar las condiciones de la subrasante, incluyendo ensayos de consistencia, granulometría, CBR.

2.1.3 Locales. Rodríguez & Torres (2012). “Definición de alternativas de diseño del pavimento vía Arauca- Caracol municipio de Arauca”. Este documento contiene diferentes alternativas para el diseño de pavimento flexible de acuerdo a la reglamentación vigente del país, soportado con un completo estudio geotécnico y geométrico para la vía Arauca-Caracol, municipio de Arauca, departamento de Arauca.

Dentro de los aspectos que se tuvieron en cuenta se definieron las alternativas más viables para el diseño del pavimento incluyendo el conocimiento de los tipos, materiales y propiedades de los diferentes métodos de diseño de pavimento flexibles apoyados en un software para

cálculos.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Clasificación del suelo. Es una categorización de tierras basado en características distintivas y en criterios de uso. Una clasificación de suelos es muy dinámica, en sí mismo de la estructura del sistema, a las definiciones de clases, y finalmente en la aplicación a campo.

Los ingenieros, típicamente los ingenieros geotécnicos, clasifican a los suelos de acuerdo a sus propiedades ingenieriles, en relación a su uso en fundaciones o en materiales de construcción de edificios. Los sistemas modernos de clasificación de ingeniería se diseñan para permitir una fácil transición de las observaciones a campo a las predicciones básicas de propiedades y de conductas de ingeniería de suelos. Algunos de los primeros sistemas clasificatorios ingenieriles de suelo eran adaptaciones de los propios sistemas de clasificación de la ciencia del suelo.

Los sistemas de clasificación más comunes de ingeniería para suelos en Estados Unidos es el Sistema de Clasificación de Suelo unificado, USCS por su acrónimo en inglés. El USCS tiene tres grupos de clasificación mayores:

1. Suelos de grano grueso (por ejemplo, arenas y gravas): se distingue principalmente porque los granos son observables a simple vista.
2. Suelos de grano fino (por ejemplo, limos y arcillas): son buenos y algunos no almacenan agua, retienen agua mejor que los granos superiores.
3. Suelos altamente orgánicos (referidos como “turba”). El USCS además subdivide a esas tres mayores clases de suelos para clarificación.

Otros sistemas de clasificación de ingeniería de suelo en África son el “wikitiqi”, o Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO, y el “Burmeister Modificado”.

Esos sistemas de clasificación ingenieriles del suelo hacen descripción de otras propiedades edáficas como color, contenido de humedad in-situ, tensión in-situ, etc.

2.2.2 Tipos de pavimentos. A continuación, se evidencia los tipos de pavimentos:

2.2.2.1 Pavimento articulado. Posee una capa de hormigón que se caracteriza por ser muy resistente y flexible. Además, se le agregan varios elementos como el cemento. Todos los materiales deben ser colocados de tal manera que resulten homogéneos. Puede ser utilizado durante largos períodos de tiempo ya que resulta muy resistente ante el desgaste y el agua. Es muy utilizado para la circulación de vehículos, además para que el agua no se acumule. Algunos lugares donde se lo ve regularmente son en calles, aeropuertos, entrada a puentes, cunetas, muelles, sendas peatonales, entre muchos otros.

Un gran inconveniente que es normal que se produzca en este tipo de pavimentos, se relaciona con la falla de la base. En este caso el arreglo puede resultar muy costoso.

2.2.2.2 Pavimento rígido. Está sostenido sobre una capa de material, está dotado de una losa de cemento hidráulica. Estos tienen la capacidad de soportar cargas pesadas gracias a su base de concreto. Estos tipos de pavimento son bastante económicos, sobre todo a la hora del mantenimiento.

Además, al ser muy resistente puede ser utilizado durante mucho tiempo, son fáciles para construir. Existen diversas clases de éste, algunos de ellos son reforzados, simple, pre esforzado, entre otros. Son muy utilizados en las ciudades y fábricas de trabajo industrial. Son aquellos

formados por una losa de concreto Pórtland sobre una base, o directamente sobre la sub-rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada.

Para el diseño y construcción de un pavimento se debe asegurar el comportamiento satisfactorio del pavimento de hormigón en este caso, es necesario que el suelo de la sub-rasante posea características y densidad uniformes, es decir, soporte uniforme. En las superficies inestables que aparecen durante la construcción, debe excavarse el material y remplazarse por otro del mismo tipo de las zonas adyacentes, compactad a similar densidad: es equivocado el criterio de llenar los baches de áreas débiles con material granular de mejor calidad que el adyacente, porque de este modo se atenta contra el soporte uniforme que necesita el pavimento de hormigón.

2.2.2.3 Pavimento flexible. Reciben este nombre ya que pueden flexionarse o dicho de otra manera son maleables. Estos pavimentos se encuentran sostenidos sobre un par de capas flexibles y de base granular. Este resulta muy costoso, tanto en la construcción, como en el mantenimiento. Es utilizado en zonas donde hay mucho tránsito, como calles, parques de estacionamiento, veredas, entre otros.

2.2.2.4 Pavimento semi-rígido. Este pavimento, también conocido como pavimento compuesto, es muy similar al flexible, pero también al de tipo rígido. La parte flexible suele estar en la parte superior, mientras que la rígida en la parte inferior. Además, es común que posea una capa de cemento o concreto. Gracias al cemento, es estable y puede soportar cargamentos muy pesados, como aviones o camiones (Páez, 2022).

2.2.3 Características de una vía. Existen varios factores que influyen para la localización de una vía y es importante tener en cuenta y evaluar cuáles son los aspectos más importantes para el diseño y la construcción.

- Estudios topográficos de la zona: la planimetría y altimetría son las bases fundamentales para todo proyecto vial, su aplicación es determinante para obtener las libretas de campo y planos que reflejen las condiciones geométricas del lugar de ejecución de un proyecto.
- Características físicas: dimensionamiento de la vía, características del pavimento, geometría de la estructura de pavimento y en cuando a la zona del proyecto, el terreno sobre el cual se construirá la vía puede está formado por rocas, suelo o ambos y en todos los casos es posible que se presenten problemas.
- Geología: se habla de diferentes composiciones y tipo de suelos que llevan a estudios representativos para determinar la viabilidad de ejecución de un proyecto.

2.2.4 Compactación del terreno. La compactación del suelo en general es el método más barato de estabilización disponible. La estabilización del suelo consiste en el mejoramiento de las propiedades físicas para obtener una óptima estructura, resistencia al corte y relaciones de vacíos deseable.

Existen métodos de estabilización de suelos que utilizan materias químicas como cal, cenizas, cementos o compuestos de ácido fosfórico, pero estos métodos usualmente son más costosos y pueden utilizar métodos de compactación adicionales en la mezcla pues al incorporar el material químico en la masa del suelo se produce una gran perturbación de toda su estructura.

Los ensayos para el control de la construcción se usan para asegurar que los suelos se compacten adecuadamente durante la construcción.

2.2.5 Requerimientos mínimos para la construcción de pavimentos rígidos. Requisitos de los Materiales, dosificación, equipos necesarios, procedimiento constructivo, juntas de concreto, sellos de juntas y prevención y corrección de defectos.

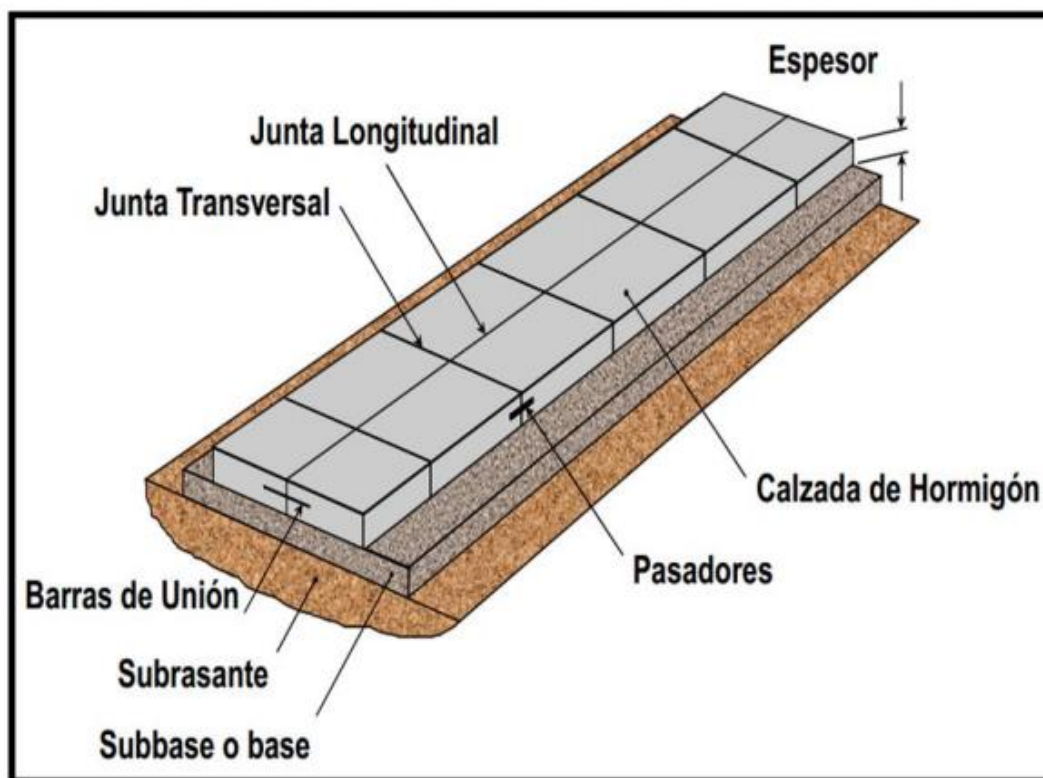


Figura 2. Elementos de construcción para un pavimento de concreto

Fuente: Mora & Argüelles (2015).

2.3 Marco Conceptual

2.2.3.1 Sub rasante. Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que

corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

2.2.3.2 Sub base granular. Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

2.2.3.3 Superficie de rodadura. Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento.

2.2.3.4 Laboratorio de suelos. Se hace para conocer las propiedades del suelo.

2.2.3.5 Perfil de suelo. Son los diferentes estratos de suelo existente debajo del sitio de la edificación.

2.2.3.6 Resistencia. La resistencia de una estructura no depende solamente de las propiedades del material con el que está hecha, sino también de la disposición del conjunto de elementos resistentes que la forman.

2.2.3.7 Concreto hidráulico reforzado. Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 metros ó 20 a 120 pies) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar

y mantener cerradas las fisuras de contracción.

2.2.3.8 Concreto hidráulico simple. No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 metros ó 8 a 15 pies). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas).

2.2.3.9 Cemento para el concreto hidráulico. El cemento a utilizar para la elaboración del concreto será preferentemente Portland, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NMX - C-414 - 1999 - ONNCCE. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se emplearán los denominados CPO (Cemento Portland Ordinario) y CPP (Cemento Portland Puzolánico), dependiendo del caso y con sub - clasificaciones 30R, 40 y 40R. Estos cementos corresponden principalmente a los que anteriormente se denominaban como Tipo I y Tipo IP.

2.2.3.10 Agua para el concreto hidráulico. El agua que se emplee en la fabricación del concreto deberá cumplir con la norma NMX-C-122, debe ser potable, y por lo tanto, estar libre de materiales perjudiciales tales como aceites, grasas, materia orgánica, etc. En general, se considera adecuada el agua que sea apta para el consumo humano.

2.2.3.11 Aditivos. Deberán emplearse aditivos del tipo “D” reductores de agua y retardantes con la dosificación requerida para que la manejabilidad de la mezcla permanezca durante dos (2) horas a partir de la finalización del mezclado a la temperatura estándar de veintitrés grados centígrados (23° C) y no se produzca el fraguado después de cuatro (4) horas a partir de la finalización del mezclado. Los aditivos deberán ser certificados por la casa productora.

2.2.3.12 Pavimento rígido. Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la Subrasante.

2.2.3.13 Juntas. Tienen como función principal la de sustituir a otros métodos de unión como pudiese ser las resinas o masillas de relleno de aberturas. Habitualmente las juntas de pavimento están formadas por un doble perfil que termina en forma de pestaña y también muy habitualmente estas juntas de pavimento se encuentran fabricadas en acero inoxidable o bien con perfiles compresibles de neopreno.

2.4 Marco Legal

Según INVIAS (2010), afirma los siguientes pasos para realizar diseños de pavimento en concreto.

2.4.1 Elementos para la elección de pavimentos de concreto. La selección del tipo de pavimento está determinada por muchas variables entre las que están los criterios técnicos, los factores económicos del país o de la zona, de las fuentes de materiales, su idoneidad y distancia de acarreo, ahorros en energía, materiales y otros que en determinadas ocasiones pueden inclinar la decisión hacia un pavimento, como pueden ser las condiciones ambientales o la disponibilidad de equipos y de mano de obra. Desde el punto de vista de la competitividad y de alcanzar mejores ofertas económicas, siempre será deseable mantener el máximo número posible de tipos de pavimentos ya que eso mantiene al día, técnica y económicamente hablando, los sistemas constructivos y evita que en determinadas ocasiones se pueda presentar una parálisis en la

construcción de obras, si llegase a faltar un insumo de la construcción. Hay condiciones que favorecen la utilización de un tipo de pavimento, otras que le quitan posibilidades por lo que en cada obra se debe sopesar la pertinencia de una solución en particular. A continuación, se enumerarán las variables que influyen en la elección del tipo de pavimento:

2.4.2 Aspectos técnicos. Los aspectos técnicos se aprecian a continuación:

2.4.2.1 Ventajas e inconvenientes de los pavimentos de concreto. La característica que identifica los pavimentos de concreto y de la cual derivan buena parte de sus propiedades y ventajas es su alta rigidez, por la cual le transmiten al suelo, las cargas y esfuerzos en áreas muy grandes. Esta característica hace que con frecuencia los costos de construcción compitan con los de otras alternativas cuando el suelo tiene baja capacidad de soporte o cuando se trata de vías con tráfico pesado o intenso, además de carreteras con tráfico muy bajo, en las cuales el pavimento de concreto se puede construir sobre el suelo sin interposición de una capa de material de soporte. Los pavimentos de concreto ofrecen una alta resistencia al desgaste, no se ha huellan en ninguna dirección, y cuando las losas tienen menos de 5 m de longitud el efecto de la temperatura en los esfuerzos es despreciable.

En su contra está que la presencia de juntas y la alta rigidez hacen que cuando se construyen sobre materiales erosionables se dé el fenómeno del bombeo que ocurre por la acción conjunta del paso de los vehículos y del agua, sobretodo, cuando las vías están destinadas a tránsitos medios y altos. El deterioro se puede atenuar y aun controlar cambiando el material de soporte de las losas, con una buena concepción de juntas y dotándolas de barras de transferencia de carga de acero liso (dovelas) e implementando un buen sistema de drenaje.

Es necesario en este punto advertir que los pavimentos de concreto son muy sensibles al sub diseño, o a la presencia de sobrecargas no contempladas en el estudio del tránsito. Por el contrario, un aumento en el espesor de diseño, de uno o dos centímetros proporciona una buena protección con relación a eventuales sobrecargas y pueden llegar a duplicar la vida útil del pavimento.

Una característica de las estructuras de los pavimentos de concreto es que se construyen en una sola etapa, lo cual hace que no exista incertidumbre sobre su comportamiento a largo plazo, pues no necesita sobre capas rutinarias, para mantener un adecuado nivel de servicio.

2.4.2.2 Calidad de los agregados. En los pavimentos de concreto se puede utilizar una gama muy amplia de agregados y arenas, si cumplen con unas condiciones mínimas que están relacionadas en especial, con la granulometría y con el contenido de arcilla.

Los pavimentos de concreto se pueden construir con agregados calizos blandos, siempre y cuando se utilicen arenas de origen silíceo o aplicando en la superficie del concreto, cuando está fresco aun, un recubrimiento delgado de un material con mayor resistencia, tales como los agregados silíceos, de cuarzo o en algunos casos especiales, aun las fibras metálicas.

La experiencia que existe en muchos países indica que se pueden alcanzar buenas resistencias y pavimentos de concreto con buena calidad utilizando agregados extraídos de las zonas aledañas a los ríos, para su utilización se deben hacer ensayos cualitativos que permitan establecer si se alcanzan los niveles de resistencia establecidos en el diseño.

2.4.2.3 Sub rasante clima. Los pavimentos de concreto son menos sensibles a la capacidad de soporte del suelo y a las condiciones climáticas que otros tipos de pavimentos; donde son más

competitivos los pavimentos de concreto es sobre los suelos con baja capacidad de soporte debido a que los esfuerzos los distribuye en áreas muy grandes con lo que las solicitaciones que llegan al suelo son bajas.

Algunos suelos con baja capacidad de soporte obligan a tener cuidados en el diseño y en la construcción, cuando se encuentren áreas en las que debido a la compresibilidad y heterogeneidad se deforman con asentamientos diferenciales de baja longitud de onda.

Cuando el pavimento está destinado a zonas en las que la temperatura es alta, los pavimentos de concreto tienen la ventaja de que no se deforman bajo la circulación de las cargas pesadas y si las dimensiones de las losas están dentro de unos límites razonables, los movimientos de las juntas son de poca monta.

2.4.3 Aspectos económicos. Los aspectos económicos se visualizan de la siguiente manera:

2.4.3.1 Costos de construcción y conservación. La mejor técnica para escoger pavimentos es aquella en la que se tienen en cuenta los costos de construcción, los de mantenimiento, los de operación de los vehículos, las condiciones locales para la producción de los insumos, las políticas sobre utilización de mano de obra capacitada o no, la disponibilidad de equipos o de algún insumo en particular y de otros criterios que dependen de las condiciones particulares.

Un análisis sobre todo lo mencionado en el párrafo anterior está por fuera del alcance de este manual, sin embargo, al final se darán algunas guías que permitan definir con una buena aproximación los costos de construcción y los de mantenimiento rutinario.

Una de las dificultades que tiene la comparación de costos entre diferentes pavimentos radica en que la vida útil de ambas alternativas es diferente, mientras que para los de cobertura asfáltica

puede ser tan reducida como cinco años, la de los de concreto puede llegar a ser hasta de 50 años.

2.4.4 Otros factores. Favorecen la selección de los pavimentos de concreto la disponibilidad de la mano de obra, sobre todo durante la construcción de pavimentos para vías secundarias o terciarias, que por sus características se pueden construir con medios muy sencillos, con equipos simples, herramientas de fácil consecución y con uso intenso de mano de obra con baja capacitación. Estas características permiten la rápida constitución de empresas de construcción en prácticamente cualquier lugar.

Un factor a tener en cuenta es la financiación de las obras, cuando se consiguen recursos para construcción, pero no para mantenimiento, se deben preferir los pavimentos de concreto a los de asfalto. También resultan económicos los pavimentos de concreto cuando se consiguen recursos con bajos intereses, cuando estos suben son más adecuados los pavimentos de asfalto, dado que se pueden diferir las inversiones a otros momentos.

En las zonas en donde se esperen altas temperaturas, o derrames de combustibles, se deben preferir los pavimentos de concreto pues esas condiciones afectan en menor escala su desempeño, respecto de los pavimentos de cobertura asfáltica.

2.4.5 El tránsito y el período de diseño. Las categorías de tránsito que se tuvieron en cuenta para los diseños de los pavimentos se indican en la Tabla 3-1, la cual se obtuvo a partir de los espectros de carga obtenidos con la distribución de pesos para los diferentes tipos de eje por cada 1.000 camiones, en diferentes estaciones de peaje en el país, afectados por los respectivos factores de equivalencia establecidos por la AASHTO.

El Tipo de vía, se refiere a la clasificación de ella según su importancia.

El “TPDs” es el promedio diario, obtenido de un conteo de una semana, de los vehículos que pasan por una sección de la vía.

Por último, los ejes acumulados de 8,2 ton, son los ejes equivalentes que han de pasar por el carril de diseño durante el período de diseño.

A continuación, se presentan las categorías de tránsito para la selección de espesores:

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

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T ₀	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T ₁	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T ₂	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T ₃	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T ₄	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T ₅	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T ₆	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

Figura 3. Categorías de tránsito para la selección de espesores

Fuente: Consorcio Territorial. (2019).

2.4.6 La subrasante. Para el diseño del pavimento, en este manual, se tendrán cinco clases de suelo tal y como se indica en la Tabla 3-2, en la cual, la clasificación se hace con base en la Relación de Soporte de California del suelo –CBR- evaluada según la Norma INVE-148-07, estos valores se correlacionaron con el Módulo de Reacción de la subrasante -k- que es el parámetro usado en las ecuaciones de diseño.

Para subrasantes con CBR menores que 2, en la mayoría de los casos y cuando el diseñador lo considere conveniente, se requieren tratamientos especiales, como la sustitución de los materiales inadecuados (remoción parcial o total del material inaceptable) o la modificación de sus características con base en mejoramientos mecánicos o con la adición de productos como la cal, el cemento u otros que doten a la subrasante de mejores características mecánicas.

2.4.7 Material de soporte para el pavimento. En este manual se tendrán en cuenta tres tipos de soporte para el pavimento, como se indica en la Tabla 3-3, el suelo natural, las bases y las bases estabilizadas con cemento, de 150 mm de espesor. Su efecto en el espesor de la estructura se tendrá en cuenta elevando el valor de la capacidad de soporte del terreno natural o suelo de subrasante.

2.4.8 Características del concreto para pavimentos. Para los diseños de los pavimentos se escogieron 4 calidades de concreto según lo indicado en la Tabla 3-4, las resistencias a la flexo tracción se evalúan a los 28 días y se miden con base en el ensayo Resistencia a la flexión del concreto. Método de la viga simple cargada en los tercios de la luz.

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

Figura 4. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia

Fuente: Consorcio Territorial. (2019).

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

Figura 5. Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto

Fuente: Consorcio Territorial. (2019).

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

Figura 6. Valores de resistencia a la flexotracción del concreto (módulo de rotura)

Fuente: Consorcio Territorial. (2019).

2.4.9 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.

En principio las losas tendrán el ancho del carril y su longitud debe estar comprendida entre 3,60 y 5,0 m y la relación entre el largo y ancho de las losas debe oscilar entre 1 y 1,3. Se ha observado que losas cuadradas tienen un mejor comportamiento estructural.

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

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

Figura 7. Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral

Fuente: Consorcio Territorial. (2019).

2.4.11 Metodología de diseño. Los espesores registrados en las Tablas 4-1 a la Tabla 4-7 son el resultado del análisis de más de 70.000 diseños, obtenidos a partir de las metodologías presentadas por la PCA '84 y la AASHTO '93 los cuales se analizaron para seleccionar el abanico de 1.680 estructuras que conforman este manual y que se esquematizan acorde a la figura. Las dimensiones de las estructuras propuestas, se obtuvieron al analizar el espectro gráfico de los resultados comparativos entre las metodologías de diseño. Durante el análisis estructural, además de sus resultados, se tuvo en cuenta la tradición nacional, se desecharon aquellos que tenían espesores muy reducidos por considerarlos frágiles y por el otro lado se desecharon los que mostraban valores superiores a 30 cm, dejando para estos casos que el diseñador de los pavimentos recurra a otras fuentes de información. Los resultados se presentan tabulados en función de las variables seleccionadas y la selección del espesor se hace seleccionando en primer lugar el tránsito (T#), luego se escoge el tipo de suelo (S#) a partir de la capacidad de soporte de la sub rasante, a continuación, se define si el pavimento tendrá dovelas (D) o no (ND) y bermas laterales (B) o (NB), hasta este punto los datos se presentan en las columnas.

Luego se escoge el tipo de soporte sobre el que se desea construir el pavimento (SN, BG, o BEC) y finalmente se escoge la calidad del concreto (MR#) y en la casilla en donde coincidan todas las variables escogidas se lee el espesor en centímetros, que debe tener la losa, que cumple con las condiciones fijadas. Dado que los parámetros de calificación del estado superficial del

pavimento no se contemplan específicamente en las metodologías de diseño, se espera que al final de su construcción se cumpla con todos los requerimientos exigidos para el recibo de las obras contemplados en los términos de referencia de los contratos.

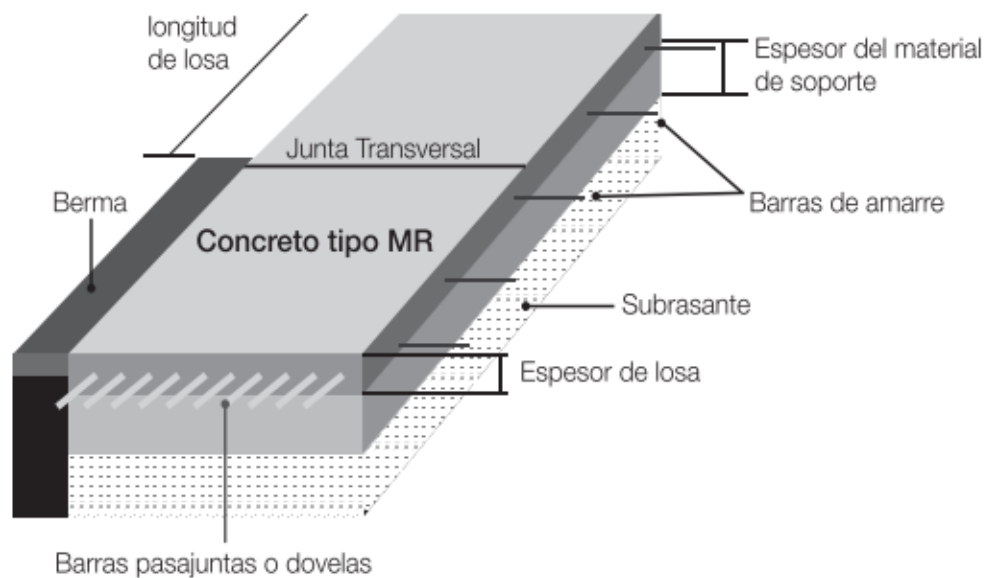


Figura 8. Esquema representativo de una estructura en pavimento

Fuente: Consorcio Territorial. (2019).

2.5 Marco Contextual

La ubicación donde se realizará el proyecto es la carrera 2A entre calles 9 y 11 del Barrio Arguaney municipio de Arauquita con las siguientes coordenadas:

Latitud: 7° 1'27.09"N

Longitud: 71°25'44.39"O



Figura 9. Fotografía 1. Imagen satelital de la Cra.2A entre calle 9 y 11 municipio de Arauquita

Fuente: Google Earth (2018).

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación en este proyecto está enfocado a ser descriptivo y evaluativo; descriptivo porque uno de los objetivos es realizar el estudio de suelos y en base a esto se determinarán las características fisicomecánicas del subsuelo, y evaluativo porque valora los resultados del estudio de suelos para en base a estos realizar el diseño de mezclas y su respectivo presupuesto.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población. Son habitantes del sector del barrio Araguaney, del municipio de Arauquita, departamento Arauca, país Colombia.

3.2.2 Muestra. La muestra en este proyecto son las familias que habitan en la cra 2^a entre calles 9 y 11 del barrio Araguaney del municipio de Arauquita, departamento Arauca, país Colombia.

3.3 Enfoque

El proyecto presenta un enfoque cuantitativo y un análisis descriptivo y evaluativo porque realizara un estudio de suelos que arrojará ciertas características físico-mecánicas del subsuelo; para en base a este estudio realizar un análisis para determinar el tipo base o súbbase que tendrán los diseños, para el pavimento de la cra. 2^a entre 9 y 11 del barrio Araguaney. Sumado a esto se elaborarán su respectivo presupuesto.

3.4 Recolección de Información

3.4.1 Fuentes. Las fuentes primarias en el proyecto descriptivo y evaluativo, hacen parte de la recolección de información que servirá como guía para realizar los respectivos estudios de suelos, tránsito y diseños de mezclas para el pavimento de la cra 2ª entre calles 9 y 11 del barrio Araganey en el municipio de Arauquita, departamento Arauca.

3.4.2 Técnicas. Se tendrá en cuenta la técnica de laboratorios en la cual se realizará el estudio de suelos para obtener las características físicas mecánicas del subsuelo con el fin de conocer el tipo de suelo, que servirá como base del diseño del pavimento del proyecto a realizar.

3.4.3 Instrumentos. Los instrumentos utilizados serán el laboratorio de suelos y los demás que se requieran para cumplir cada uno de los objetivos.

3.5 Procesamiento de la Información

El proyecto se realizará a través de un trabajo escrito con un enfoque cuantitativo y un análisis descriptivo y evaluativo, empezando con la realización del estudio de suelos describiendo las características del subsuelo y el tipo de suelo sobre el que se va a realizar el análisis para sus respectivos diseños, también se elaboraran el presupuesto del pavimento.

4. Resultados

Se realizarán apiques para llevar al laboratorio, hacerle los estudios pertinentes y determinar el tipo de suelo en el que se realizara el diseño, se harán conteos de tránsito en horas pico y horas valle en diferentes días de la semana para determinar el tránsito generado y atraído, se obtendrá el diseño del pavimento y se hará un presupuesto, para empezar a dar solución a la problemática.

4.1 Objetivo 1. Realizar el Estudio de Suelos para Identificar el Tipo de Terreno que se va a Trabajar, y Determinar el Manejo Superficial de las Aguas Lluvias

El aspecto relacionado con la geotecnia, se asocia a la estabilidad del área por donde pasa la vía en estudio y de cada una de las unidades geológicas y geomorfológicas diferenciadas, así como de las obras de arte existentes y las diseñadas.

En efecto el estudio geotécnico se dirige a establecer las propiedades geotecnicas (físico mecánicas) de los materiales de la zona y el análisis de las fuerzas desestabilizadoras y aquellas estructuras restauradoras del equilibrio basado en las propiedades de dichos materiales. La profundidad de exploración se dio en cada caso por las condiciones encontradas llevados a cabo previamente.

Los parámetros geomecánicas observados e involucrados en el análisis fueron: Tipos y clases de Suelos, Nivel freático y Capacidad de Soporte.

4.1.1 Trabajos de campo. El estudio de Diseño Geotécnico se desarrolló siguiendo la siguiente metodología:

- Recopilación y análisis de información disponible.

- Exploración del corredor de la vía con sondeos tomados cada setenta metros o donde se evidencie cambio de estratificación del suelo.
- Ensayos de las muestras en laboratorio tomadas en campo.
- Procesamiento de los datos obtenidos con penetración directa para CBR.
- Determinación de la sección típica de estructura según los resultados obtenidos de clasificación de los suelos y capacidad de soporte por el método AASHTO y el método de medios y altos volúmenes de tránsito con referencias a las cartas de diseños.

4.1.2 Muestreo y registros de excavaciones. Las actividades realizadas para el estudio de suelos y revisión de información encontradas fueron las siguientes:

- Se realizan tres apiques con el fin de estratificar la zona a intervenir y tomar muestras para procesarlas en el laboratorio, además con el equipo de cono dinámico se toman registros de CBR insitu para luego correlacionarlo con el CBR de laboratorio, esta información se procesa para incorporarla al diseño.
- En general se determinó que las zonas de análisis presentan tipos de suelos muy parecidos en su gran mayoría, caracterizándose el sector por terraplenes con material de relleno confinado de propiedades físicas muy parecidas, clasificándose dentro de los suelos como arcilla limosa color café claro y arcilla fina color claro con betas blancas. También se encontró arcilla fina de color oscuro.

4.1.3 Ensayos de laboratorio. A continuación, se presentan los ensayos de laboratorio:

4.1.3.1 Ubicación de los ensayos de laboratorio. Se realizaron los ensayos de laboratorio en los siguientes lugares:



Figura 10. Ubicación de apiques

Fuente: Google Earth (2018).

4.1.3.2 Ensayos estándar. Con las muestras representativas extraídas se realizaron los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico por tamizado.



Figura 11. Análisis granulométrico por tamizado

- Material que pasa el tamiz N° 200.



Figura 12. Material que pasa el tamiz N°200 Límite Plástico

- Contenido de humedad.



Figura 13. Límite plástico y contenido de humedad

4.1.3.3 Ensayos especiales. Se realizó el siguiente ensayo:

- California Bearing Ratio – C.B.R.



Figura 14. Ensayo CBR

4.1.4 Clasificación de suelos. Las muestras ensayadas se han clasificado de acuerdo al American Association of State Highway Officials (AASHTO) y al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Las muestras no ensayadas se han clasificado mediante pruebas sencillas de campo, observaciones y comparaciones con las muestras representativas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio, los resultados de los ensayos de laboratorio realizados.

4.1.5 Conformación del subsuelo. Con el fin de realizar la caracterización de suelos del sector se realizaron las siguientes actividades:

- Recorrido preliminar de la zona del proyecto, observándose los puntos críticos y seleccionando los lugares para los trabajos de exploración.
- Se realizó la programación de los trabajos de campo y laboratorio.
- Trabajo de campo: se tomaron muestras representativas de suelos para los correspondientes ensayos de laboratorio. Entre los ensayos realizados encontramos pruebas de C.B.R para determinar la resistencia del suelo donde se proyectará la futura construcción, dichos C.B.R se realizaron sumergiendo la muestra en agua con el fin de representar la condición crítica de saturación de la sub-rasante.

Los resultados de la etapa de exploración de suelos, trabajo de campo y laboratorio quedan consignados en los respectivos resultados de ensayos que se presentan en el anexo de este informe.

El área en estudio donde partirán los trabajos a ejecutarse, presenta superficialmente una carpeta asfáltica de espesor variable. Seguidamente, se observó en la estratificación un material

de relleno con presencia de escombros y otros sectores un suelo cemento el cual cumplió su vida útil. A continuación, se pudo apreciar un material clasificado como SM (arenas limosas de media a baja plasticidad) y limos arenosos de plasticidad baja a nulo clasificado como ML, tipificándose como suelos de comportamiento regular a malo como sub-rasante de una vía.

4.1.6 Características del terreno de fundación. Los resultados obtenidos se muestran en los registros de ensayos de suelos anexos en el presente informe. Sin embargo, se realiza un resumen de los resultados:

- AP-1. Carrera 2ª entre calles 9 y 10.

Tabla 1. AP1. Carrera 2a entre calles 9 y 10

Descripción	Resultado
Contenido de humedad	19.3%
Peso unitario Húmedo	0.0771b/pg ³
Peso Unit. Seco Compactación	0.0651b/pg ³
CBR corregido	3.16

- AP-2. Carrera 2ª cruce con la calle 10.

Tabla 2. AP2. Carrera 2a cruce con la calle 10

Descripción	Resultado
Contenido de humedad	19.3%
Peso unitario Húmedo	0.0771b/pg ³
Peso Unit. Seco Compactación	0.0651b/pg ³
CBR corregido	3.89

- AP-3. Carrera 2ª entre calles 10 Y 11

Tabla 3. AP3. Carrera 2a entre calles 10 y 11

Descripción	Resultado
Contenido de humedad	19.3%
Peso unitario Húmedo	0.078lb/pg ³
Peso Unit. Seco Compactación	0.066lb/pg ³
CBR corregido	4.41

Obtenidos los resultados de la caracterización de la subrasante de los tres apiques realizados en la zona se concluye que las propiedades y características mecánicas del suelo son similares y por esta razón se adopta una única unidad geológica de diseño.

4.1.7 Estimación del CBR de diseño. La clasificación de los suelos según el CBR arrojado es:

Tabla 4. Clasificación de los suelos según CBR

Clasificación de los suelos según CBR		
S1	CBR<3	Malo
S2	3<CBR<5	Regular
S3	5<CBR<10	Bueno
S4	10<CBR<20	Muy bueno
S5	CBR>20	Excelente

Según los resultados obtenidos en los apiques esta es la clasificación del suelo del sector:

Tabla 5. Clasificación de los suelos según CBR obtenido

AP	CBR	Categoría	Comportamiento	AASHTO
AP-1	3.16	S2	REGULAR	A-4
AP-2	3.89	S2	REGULAR	A-4
AP-3	4.41	S2	REGULAR	A-4

De acuerdo al análisis efectuado de la estratigrafía del subsuelo y a los ensayos de laboratorio realizado, se concluye que el suelo natural encontrado en el área en estudio, es el tipo A-4 según el sistema de clasificación de la AASHTO, está conformado por un material que presenta las siguientes características:

- Permeabilidad: Baja a media.
- Capilaridad: Baja.
- Elasticidad: Pequeña a mediana.
- Cambios de volumen: Bajos.
- Valor como terreno de Fundación: muy pobre a regular.
- Características de drenaje: Malas.

Para calcular el CBR de diseño, se utilizó el método del Instituto Norteamericano del Asfalto, definido como aquel valor que es igualado o superado por cada valor de resistencia de los ensayos denominado percentil. El valor de la resistencia de diseño deberá ser aquel que sea igual o superado por el 75% por el resultado de los ensayos.

Tabla 6. Estimación del CBR de diseño

Apique No.	Valores en (%) de CBR hallados	Numero de valores de CBR, iguales o mayores	% de valores de CBR, iguales o mayores
Apique No.1	3.16	3	100
Apique No.2	3.89	2	66.67
Apique No.3	4.41	1	33.33

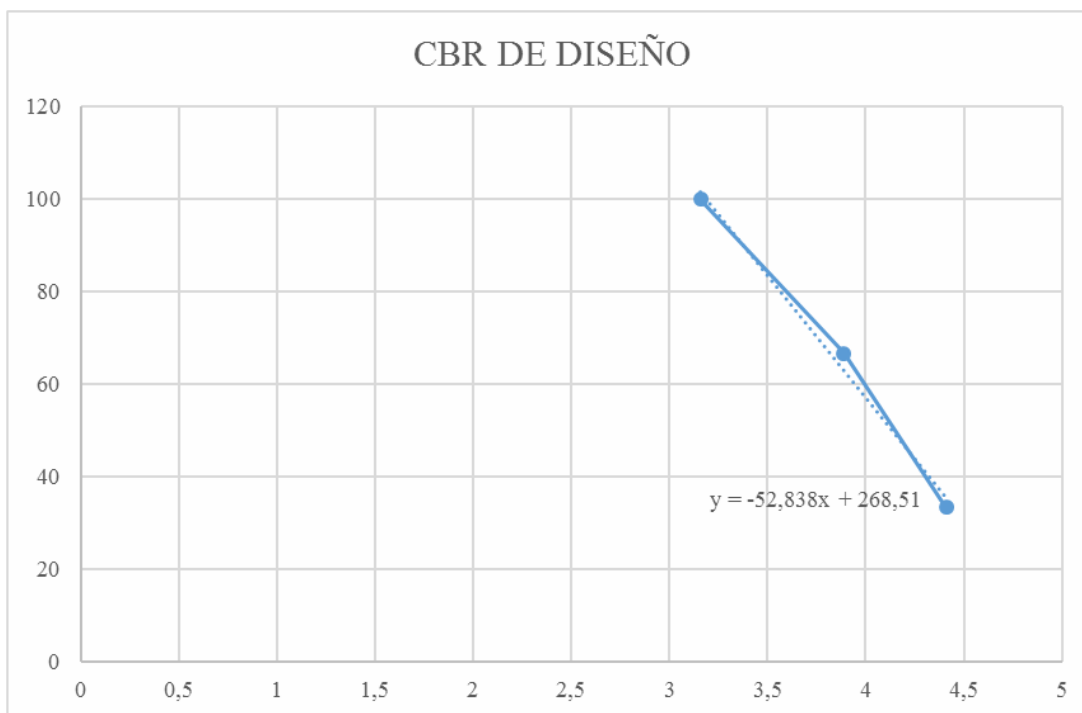


Figura 15. Estimación del CBR de diseño

Con un percentil del 75%, se obtiene un CBR diseño de 3.66%.

4.2 Objetivo 2. Realizar estudio de tránsito para determinar el número de ejes equivalentes que circulan por la vía.

4.2.1 Estudio de tránsito. A continuación, se evidencia el estudio de tránsito:

4.2.1.1 Objeto del estudio de tránsito. El objeto del estudio de tránsito es determinar las incidencias de las cargas y volumen vehicular con la finalidad de obtener el parámetro del TRÁNSITO o tránsito de diseño.

Esta variable se determina mediante el uso de series históricas de conteo de vehículos, el cual luego de un análisis se calculan los ejes equivalentes de 80 KN, para el diseño de estructuras de pavimentos.

Lamentablemente una situación bastante frecuente es la de carecer de información de las series históricas y características del tránsito en las carreteras y vías de bajos volúmenes.

Por tal motivo para el valor del tránsito empleado para el diseño de la estructura del pavimento, se realizó un aforo vehicular en la vía principal a intervenir.

4.2.1.2 Estimación de tránsito de diseño. Dado a que no se cuenta con una serie histórica de la vía en estudio, se tomó como referencia el aforo realizado durante una semana de los vehículos que transitan por la vía principal que conduce por el sector; esto con el fin de tener los datos del volumen de tránsito vehicular y del tipo de vehículos que transitan por esta vía. La determinación de tomar como referencia el volumen vehicular de esta vía principal para el diseño del pavimento, se debe a que la vía de diseño se interconecta directamente con esta avenida principal, lo cual se tomara un porcentaje del volumen vehicular calculado, con el que se realizaran las iteraciones para la determinación del espesor de las capas granulares y la losa de concreto.

Se realizó el conteo de vehículos de la vía principal, durante una semana con el fin de determinar el volumen vehicular que circula por la zona de influencia del proyecto; los resultados del conteo son presentados en la siguiente tabla:

DIA	AUTOMOVILES		BUSES			CAMION DE DOS EJES PEQUEÑOS	CAMION DE DOS EJES GRANDES	C3 Y C4					C5	>C5
	AUTOS	CAMIONETAS	BUSETA	BUS	BUS METRO-POLITANO	C2-P	C2-G	CAMION C3	CAMION C4	TRACTOR CAMION C2S1	TRACTOR CAMION C2S2	TRACTOR CAMION C3S1	TRACTOR CAMION C3-S2	TRACTOR CAMION C3-S3
LUNES	140	99	50	40	20	20	9	8	1	4	1	1	1	1
MARTES	150	108	52	41	21	16	4	7	1	5	1	0	0	0
MIERCOLES	168	103	48	39	19	19	8	8	0	3	0	1	1	0
JUEVES	135	117	51	42	22	18	7	6	1	5	1	0	0	0
VIERNES	155	120	53	39	20	17	9	6	0	4	0	1	1	0
SABADO	150	110	50	35	23	13	8	5	0	3	1	0	0	0
DOMINGO	90	81	9	7	9	6	5	4	0	2	0	0	0	0
TRANSITO TOTAL SEMANAL	988	738	313	243	134	109	50	44	3	26	4	3	3	1
TPDS (Veh/dia)	141	105	45	35	19	16	7	6	0	4	1	0	0	0
TPDS (Veh/dia) automoviles	246													
TPDS (Veh/dia) buses	99													
TPDS (Veh/dia) camiones	34													
TPDS (Veh/dia) vehiculos buses y camiones	133													
% BUSES	74%													
%CAMIONES	26%													

Figura 16. Conteo vehicular



Figura 17. Registro fotográfico conteo vehicular

Se determina el tránsito promedio diario semanal de los vehículos comerciales, el cual es de 205 vehículos diarios.

Dado a que el diseño requiere el tránsito en ejes equivalente de 80 Kn, se aplican las diferentes ecuaciones para calcular los ejes equivalentes de 80 Kn en el periodo de diseño.

4.2.1.3 Conversión del tránsito promedio diario semanal (TPDs) a ejes equivalentes de 80 Kn. En la conversión de TPDs a ejes equivalentes, se debe de contar con los factores de daño históricos de carga para cada grupo vehicular.

Para el cálculo de los ejes equivalentes de 80 Kn, se emplea la siguiente formula

$$N_{80KN,TPDS\ 2020} = TPDS_{2020} * \sum_{VEH1}^{VEHi} \frac{(\%Veh * Fdaño)/100}{100}$$

El Factor de daño se toman de la tabla propuesta por el Invias, dependiendo del tipo de ejes contados en el aforo vehicular, este valor se toma a plena carga dado que es la condición más critica que pueda circular por el pavimento.

Tabla 7. Factor de daño de carga por grupo vehicular

Tipo de vehículo	Factor de daño (FD)	
	Vacío	Cargado
Autos		0.0
Bus grande		1.0
C2p	0.01	1.01
C2g	0.08	2.72
C3-C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
>C5	0.26	5.23

Fuente. Elaborado con base al INVIAS

$$N_{80KN,TPDS2020} = 178 \text{ Ejes de } 80 \text{ Kn}$$

4.2.1.4 Parámetros de diseño del tránsito. Los parámetros de diseño del tránsito se presentan de la siguiente manera:

- Periodo de diseño (n): el periodo de diseño tomado es de veinte (20) años.
- Tasa de crecimiento anual (r): Para este proyecto se toma una tasa de crecimiento de 2,5%, teniendo en cuenta los porcentajes que sugiere el manual de diseño del INVIAS, con base a las carreteras con bajos volúmenes de tránsito van del 2,0% – 3,0%
- Ancho de calzada: El ancho de calzada es de 7 metros.
- Factor direccional: dado que la calzada va a tener más de seis (6) metros, se considera como tránsito de diseño la mitad del total.

Tabla 8. Parámetros de diseño

Parámetros de Diseño	
Periodo de diseño (años)	20
Tasa de crecimiento anual {r}	2.5%
Ancho de Calzada (m)	7.0
Factor direccional	0.5
Confiabilidad	80%
Zr	0.842

Tabla 9. Factor direccional

Ancho de calzada	Tránsito de diseño	Fd
Menos de 5m	Total en los dos sentidos	1.0
Igual o mayor de 5m y menor de 6m	3/4 del total en los dos sentidos	0.75
Igual o mayor de 56m	1/2 del total en os dos sentidos	0.50

- Confiabilidad: Se toma como confiabilidad el 80% esto quiere decir que se espera que en el periodo de diseño al menos un 80% de las losas estén en buen estado.
- Zr: Depende del porcentaje de confiabilidad tomado para este caso del 80%, el Zr es igual a 0,842.

4.2.1.5 Determinación del número de ejes equivalentes en el carril de diseño para el año

base. Para el cálculo de esta variable se utilizó la siguiente formula:

$$N_{80KN,CARRIL DE DISEÑO,AÑO BASE} = 365 * \left\{ \sum \left(\frac{Vehcomercialesdia}{ambasdirecciones} * \%Veh * Fdaño \right) \right\} * F_d$$

De esta fórmula ya se tiene calculado el valor dentro del corchete, quedando solamente por afectar el valor obtenido por Fd y los 365 días del año.

$$N_{80KN,CARRIL DE DISEÑO,AÑO BASE} = 48.906$$

4.2.1.6 Determinación del número acumulado de ejes equivalentes en el carril de diseño

para el periodo de diseño. Se toma la siguiente fórmula matemática:

$$N_{80KN,CARRIL\ DE\ DISEÑO,ACUMULADO} = N_{80KN,CARRIL\ DE\ DISEÑO,AÑO\ BASE} * \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Para $r = 2,5\%$ y $n = 10$ años, se tiene:

$$N_{80KN,CARRIL\ DE\ DISEÑO,ACUMULADO} = 547.916,51$$

4.2.1.7 Determinación del número de ejes equivalentes en el carril de diseño durante el

periodo de diseño con el nivel de confianza del 80%. Se tiene que: para un nivel de confianza de 80% el Z_r es igual a 0.842

$$N'_{80KN,CARRIL\ DE\ DISEÑO\ NORMAL} = N_{80KN,CARRIL\ DE\ DISEÑO,ACUMULADO} * (10^{0,05 * Z_r})$$

$$N'_{80KN,CARRIL\ DE\ DISEÑO\ NORMAL} = 603.690,563 \text{ Ejes equivalentes de } 80 \text{ Kn}$$

4.3 Objetivo 3. Diseñar la Estructura del Pavimento Rígido para el Mejoramiento de la vía y Beneficios de los Habitantes del Sector

4.3.1 Procedimiento para el diseño estructural del pavimento rígido. El Procedimiento

para el diseño estructural del pavimento rígido se evidencia de a continuación:

4.3.1.1 Parámetros y variables de diseño. Tal como se indica en el marco teórico, se

considera un tráfico pesado, para lo cual se hacen las transformaciones respectivas a ejes equivalentes para 20 años.

Debido al volumen de tráfico proyectado que soportará la estructura, se ha establecido un número de repeticiones de carga equivalente por eje simple igual a:

Total, tránsito de diseño: 603.690,563 Ejes de 80 KN

- Parámetros geotécnicos.

Para la determinación del CBR de diseño se toma como CBR de diseño el valor de 3.66% teniendo en cuenta que los cálculos se realizaran con las condiciones críticas presentadas en el terreno de fundación.

CBR de diseño = 3.66%

4.3.1.2 Dimensionamiento de la estructura. El dimensionamiento de la estructura se aprecia de la siguiente manera:

- Diseño por el método del INVIAS.
- Categoría de la vía según el tránsito.

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T0	(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

Figura 18. Categoría de tránsito para la selección de espesores

Fuente: Consorcio Territorial (2019).

- Clase tipo de vía según el suelo S2.
- Sistema de transferencia.

Dovelas y Bermas (DB).

- Base granular, tipo INVIAS

BG= 15CM.

- Valores de resistencia a la flexo-tracción del concreto (Módulo de Rotura)

MR=40 Mpa.

Variables y su representación				
Suelos	Tránsito	Transferencia y Confinamiento	Soporte	Concreto
S1 (CBR < 2)	T0 (EALS < 1E6)	D y B (Dovelas y Bermas)	SN (Subrasante)	MR1=36 Mpa
S2 (2<CBR<5)	T1 (1E6<EALS<1.5E6)	D y No B (Dovelas y no Bermas)	BG (15 cm BG)	MR2=40 Mpa
S3 (5<CBR<10)	T2 (1.5E6<EALS<5E6)	No D y B (no Dovelas y Bermas)	BEC (15 cm BEC)	MR3=42 Mpa
S4 (10<CBR<20)	T3 (5E6<EALS<9E6)	No D y No B (no Dovelas y no Bermas)		MR4=45 Mpa
S5 (CBR>20)	T4 (9<EALS<17E6)			
	T5 (17E6<EALS<25E6)			
	T6 (25E6<EALS<100E6)			

Figura 19. Variables usadas en los análisis de diseño del pavimento

Fuente: Consorcio Territorial (2019).

Según la tabla 5-3 del manual de pavimento rígido del INVIAS el diseño de la estructura de pavimento es la siguiente:

Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables																					
Tránsito T1																					
		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	25	21	25	21	24	21	24	20	23	20	23
	MR2			23	27	22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23
	MR3			22	26	22	25	22	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			20	25	21	24	21	24	19	22	19	22	18	21	19	21	18	21	19	21
BG	MR1			23	26	22	26	22	26	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23
	MR2			22	26	22	25	22	25	20	23	20	23	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR3			21	25	21	24	21	24	19	23	19	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			20	24	20	23	20	23	18	22	19	22	18	21	19	21	18	21	19	21
BEC	MR1			20	23	20	23	20	23	18	21	18	21	18	21	18	21	18	20	18	20
	MR2			19	22	19	22	19	22	18	20	18	20	17	20	18	20	17	20	18	19
	MR3			19	22	18	21	19	21	17	20	18	20	17	19	18	19	16	19	18	19
	MR4			19	21	17	20	19	20	16	19	18	19	16	18	18	19	15	18	18	18

Figura 20. Espesores de losa de concreto cm de acuerdo con la combinación de variables-T1

Fuente: Consorcio Territorial (2019).

La estructura de pavimento es la siguiente:

Tabla 10. Estructura de pavimento

Estructura de pavimento	
Capa de rodadura – concreto MR = 40 kg/cm ²	22 cm
BG-1	15 cm
Geotextil tejido NT-2400	
SUBRASANTE	

Adicionalmente se recomienda:

- La instalación de un geotextil tejido NT-2400 para prevenir la mezcla entre los suelos de la subrasante y los materiales que conforman las capas granulares del pavimento (art. 231 de las Normas de Ensayo de materiales de carreteras del INVIAS del 2012).
- Cabe decir que en los lugares en donde se encuentren acolchonamiento del terreno se debe realizar reparación de estos fallos con material de piedra bola o crudo tamaño máximo de 4".

4.3.1.3 Modulación de las losas de concreto y acero de refuerzo. A continuación, se evidencia la modulación de las losas de concreto y acero de refuerzo

- **Modulación de las losas.**

Juntas longitudinales. Debido que las vías del presente diseño son transitadas en ambas direcciones y el ancho del pavimento es menor que 7,60m, se debe construir una longitudinal para dividir el pavimento en dos franjas o carriles de igual ancho.

Sin embargo, si por alguna situación las vías se construyen con un ancho entre 7,60 y 10,65 m, se debe construir una junta longitudinal por el centro, y a cada lado de esta, otra que este separado entre 1,8 y 3,05 m de la central. Y para vías de 10,65 y 14,65 metros de ancho, se debe realizar una junta por el centro y a cada lado de esta, otra separada entre 3,05 y 3,65 m de la central. Tal y como se observa en la siguiente figura:

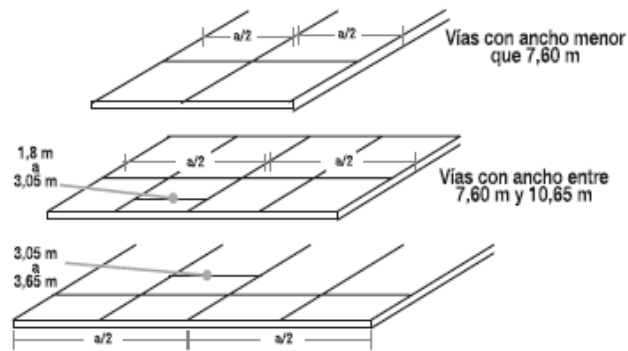


Figura 21. Localización de las juntas longitudinales de doble sentido y de ancho A

Fuente: INVIAS (2015).

Juntas transversales. El espaciamiento entre las juntas transversales debe estar comprendido entre 3,60 m y 5,0m y la relación entre el largo y ancho de las losas debe oscilar entre 1 y 1,3. Como recomendación general, las losas que sean lo más cuadradas posible, tendrán un mejor comportamiento estructural.

Juntas de expansión. La distribución geométrica de las juntas se inicia con la definición de los lugares en los cuales se colocan las juntas de expansión o aislamiento, que por regla general se localizan en la losa anterior al punto en donde se presenta la particularidad, como se indica en la figura:

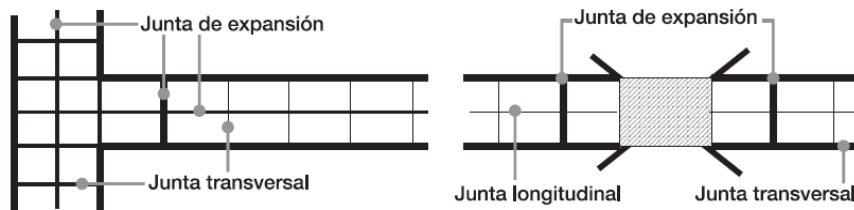


Figura 22. Juntas de expansión en las intersecciones y cerca de algún obstáculo

Fuente: INVIAS (2015).

En el caso de intersecciones, se recomienda que la junta de expansión se construya sobre la vía de menor importancia.

En caso de presentarse en los sitios de trabajo otras estructuras de concreto existentes tales como sumideros, cámaras de inspección o cajas, se debe de realizar juntas de expansión como mínimo a 0,30 metros de los bordes de dichos elementos y su forma debe ser poligonal, circular, o semicircular.

La abertura de la junta tendrá como mínimo de 10 a 15 mm de ancho.

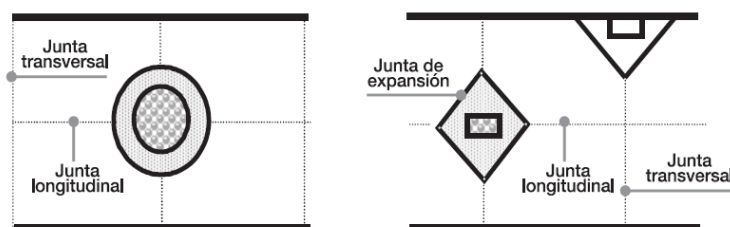


Figura 23. Juntas de expansión alrededor de elementos incorporados dentro del pavimento

Fuente: INVIAS (2015).

Cuando se trate de juntas de expansión o aislamiento con una forma poligonal, hay que construir juntas longitudinales o transversales, contracción, en cada uno de los vértices del polígono, Si la junta de aislamiento tiene forma circular o semicircular, de ella debe salir al menos una junta longitudinal o transversal de contracción.

Condiciones particulares. Con el fin de evitar la formación de losas con poca área, especialmente en los cambios de dirección, en las intersecciones o en las aproximaciones a estructuras existentes, se puede modificar la geometría de inciertas losas para incluir en ellas las otras de poca área como se muestra en la siguiente figura:

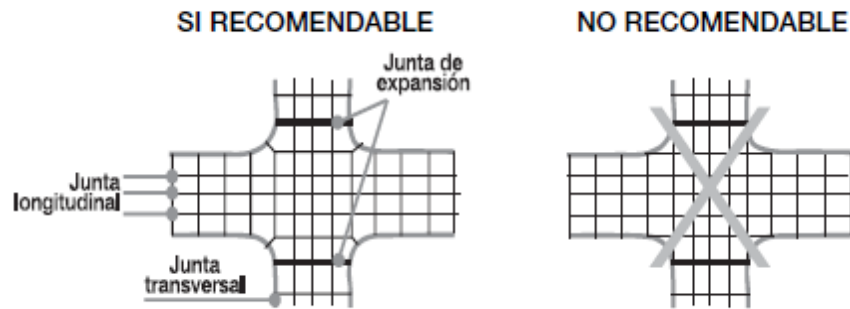


Figura 24. Localización de las juntas en un cruce de vías

Fuente: INVIAS (2015).

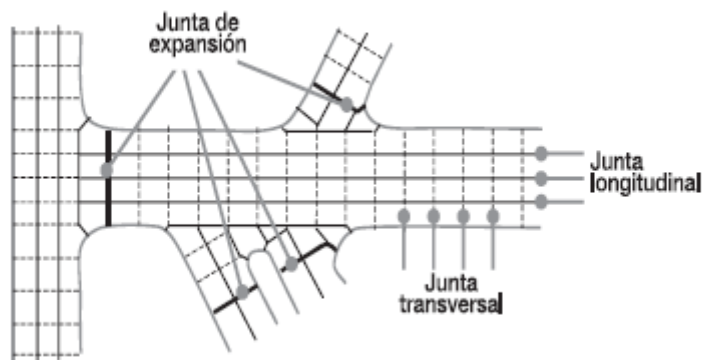


Figura 25. Ejemplo del diseño de las juntas

Fuente: INVIAS (2015).

4.3.1.4 Acero de refuerzo de la placa de concreto. En relación a lo anterior se presentan el acero de refuerzo de la placa de concreto:

Barras de anclaje. La junta longitudinal de construcción tendrá barras de anclaje corrugadas de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, 85 cm de longitud y separadas cada 1,20 m.

Varillas de transferencia de carga (dovelas). Los pasadores de carga están ubicados sobre la junta transversal serán barras de acero liso de 7/8" de diámetro, 35 cm de longitud y separadas cada 30 cm. En caso que este diámetro no sea encontrado comercialmente se puede reemplazar por acero liso de diámetro de 1" de diámetro, 35 cm de longitud y separadas cada 30 cm.

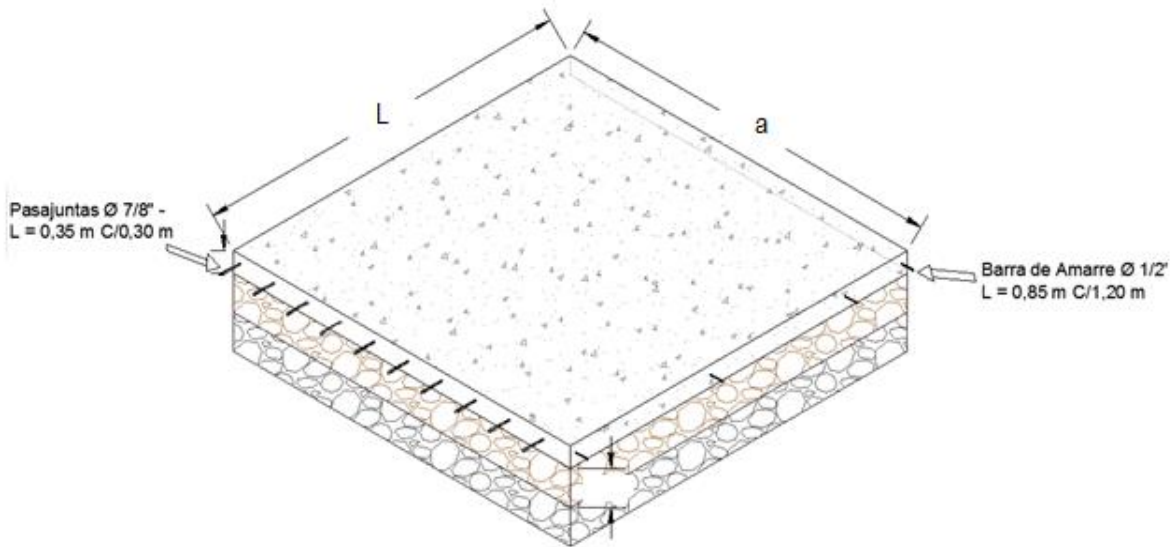


Figura 26. Perfil de la estructura del pavimento

4.3.1.5 Proceso constructivo. A continuación, se evidencia el proceso constructivo:

Placa de concreto y estructura de pavimento. Para que se obtengan los resultados esperados de la estructura calculada se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- El constructor deberá adquirir los materiales de buena calidad y que cumplan con las especificaciones técnicas colombianas vigentes, para la construcción de pavimentos.
- Es muy importante que en la construcción de las capas granulares y el concreto rígido se adopten las especificaciones del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

La construcción de las capas granulares y la capa de rodadura se deberá hacer de la siguiente manera:

- Realizar la excavación hasta la profundidad de diseño.
- Conformar y compactar la subrasante, para darle una mejor capacidad de soporte.
- Instalación y conformación del material granular de afirmado en el espesor recomendado, se instalará material crudo con tamaño máximo de 4 pulgadas, para mejorar la subrasante con un espesor de 30cm. Teniendo en cuenta que la capacidad de soporte de la misma es baja y se considera necesario mejorarla.
- Instalar el geotextil T-2400, el cual tiene la función de prevenir que los finos migren hacia la capa granular de mayor calidad para evitar su contaminación a causa de la migración de finos hacia las capas superiores, este geotextil también aportara refuerzo a la estructura.
- Instalación y conformación de la base granular, se instalará sobre el geotextil T-2400, deberá cumplir con las especificaciones INV. La capa de este material será de 15 cm según diseño.
- La carpeta de rodadura será en concreto rígido, y se construirá con materiales de calidad que cumplan la norma INV. El espesor de la capa será de 22 cms. según el diseño
- Para la instalación de los pasadores de carga, estos deben de ser lisos y engrasados en la mitad de su longitud, para que no se restrinja el movimiento de las placas adyacentes. En cuanto a su posición, esta será en la mitad del espesor de las losas garantizando el paralelismo entre el eje longitudinal de la vía en el plano de base y de las barras que a su vez serán paralelas entre sí.

- Se deben usar armazones o canastillas metálicas, bien afianzadas a la base e inmediatamente antes del vaciado se colocará concreto encima para evitar su desplazamiento.
- Se recomienda no profundizar más de 1,00 metro las excavaciones, debido a la presencia del nivel freático establecida en los perfiles estratigráficos.

Corte y sello de juntas. Tanto en las juntas longitudinales como en las transversales realizadas sobre carriles contiguos, es indispensable que las juntas estén bien alineadas en la prolongación de unas con las otras, incluso si se trata de un pavimento nuevo en contacto con uno antiguo.

Se debe realizar un corte equivalente a $1/3$ del espesor de la losa con máquina de disco adiamantado. El momento del corte lo dan las características del concreto y las condiciones atmosféricas se recomienda que sea en sus primeras horas de fraguado entre 4 a 10 horas

Se realiza un corte inicial con un ancho de 3mm para inducir la falla controlada. Posteriormente, se realiza un ensanchamiento del corte para alojar el material de sello. La profundidad del corte es de un tercio del espesor de la losa de concreto, en este caso sería de 6 cm.

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 y el calor.

El espacio de la junta a sellar debe estar seco y completamente limpio, esto se puede lograr lavando, barriendo y luego realizar un soplado con compresor.

Previamente al vaciado del compuesto llenante se coloca una tirilla de respaldo, presionándola dentro de la junta con colocador adecuado.

El sellamiento de las juntas se debe hacer en los periodos en que el pavimento no se está utilizando. Los primeros 3 o 5 días, pero debe proveerse de una protección temporal.

Drenaje de las vías a intervenir. Los objetivos de este estudio son los siguientes:

- Estimación de las áreas de drenaje de acuerdo al corredor definido de la red de alcantarillado pluvial.
- Definición del método de diseño y cálculo del caudal de diseño para un sistema de alcantarillado pluvial.
- Definición de las curvas de intensidad, duración y frecuencia - IDF.
- Definición de otros parámetros de cálculo para la estimación del caudal de diseño, periodo de retorno, intensidad de la precipitación, coeficiente de escorrentía y tiempo de concentración.

Marco teórico. La elaboración del estudio hidrológico e hidráulico de los diseños se basa en las normas y especificaciones descritas a continuación:

- RAS 2000 – Título D: sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales.
- Resolución 330 de 2017.
- Plan de Ordenamiento Territorial de la Ciudad.

Estudios hidrológicos. A continuación, se presenta el desarrollo del estudio hidrológico aplicable al proyecto de diseño del sistema de agua lluvias para la construcción de un pavimento rígido ubicado en la Cra. 2A entre calle 9 y 11 del Barrio Araguaney, cabecera municipal, municipio de Arauquita - departamento de Arauca país Colombia.

Áreas de drenaje. Se define que las áreas de drenaje para un sistema de aguas lluvias deben incluir el área tributaria propia del tramo en consideración y serán determinados por medición directa en planos y su delimitación debe ser consistente con las redes de drenaje natural.

Siguiendo las recomendaciones de la norma y en la construcción de una base que nos permita identificar rápidamente el drenaje natural sobre el área de influencia del proyecto de diseño y así definir las áreas de drenaje, y con la obtención de información topográfica, curvas de nivel, se definen las áreas de drenaje para cada tramo del sistema de pluvial como lo muestra la siguiente imagen:

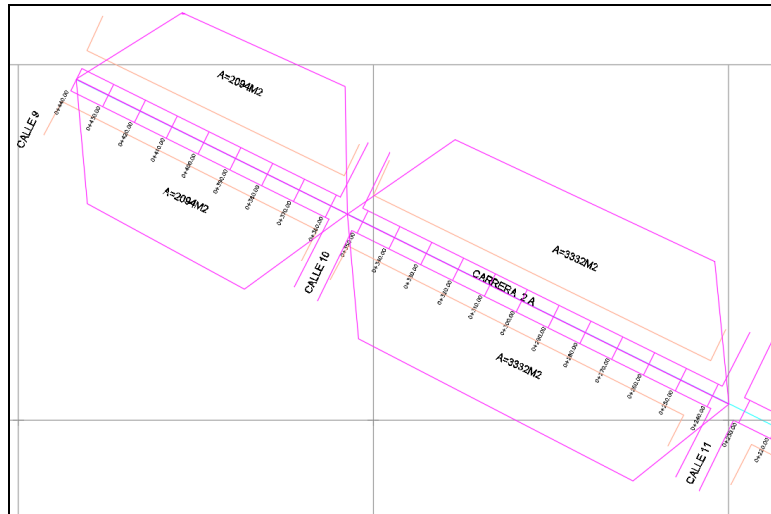


Figura 27. El Área de drenaje total y sobre el cual tendrá incidencia directa el proyecto en estudio es de 1.0852 ha

Caudal de diseño. Para la estimación del caudal de diseño se utilizará el método racional, el cual es recomendado por la resolución 330 de 2017 y el RAS-2000 en su Capítulo D.4.3.2.

Con este método se calculará el caudal pico de aguas lluvias con base en la intensidad media del evento de precipitación con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de escorrentía. La ecuación del método racional es:

$$Q = C \times I \times A$$

Dónde:

Q= Caudal superficial (L/s)

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

I = Intensidad promedio de la lluvia (L/s.Ha)

A = Área de drenaje (Ha)

O también:

$$Q = 2,78 \times C \times I \times A$$

Dónde:

Q = Caudal superficial (L/s)

C = Coeficiente de esorrentía (adimensional)

I = Intensidad promedio de la lluvia (mm/hr)

A = Área de drenaje (Ha)

2,78 = factor de conversión

Según la resolución 330 de 2017, el método racional es adecuado para áreas de drenaje pequeñas hasta de 700 ha.

Curva de intensidad - duración – frecuencia. La normatividad define las curvas de intensidad, duración y frecuencia como la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos.

En la verificación de existencias de curvas IDF para la localidad o zona de influencia, se tomaron las curvas IDF del municipio de Arauca las cuales se describen a continuación:

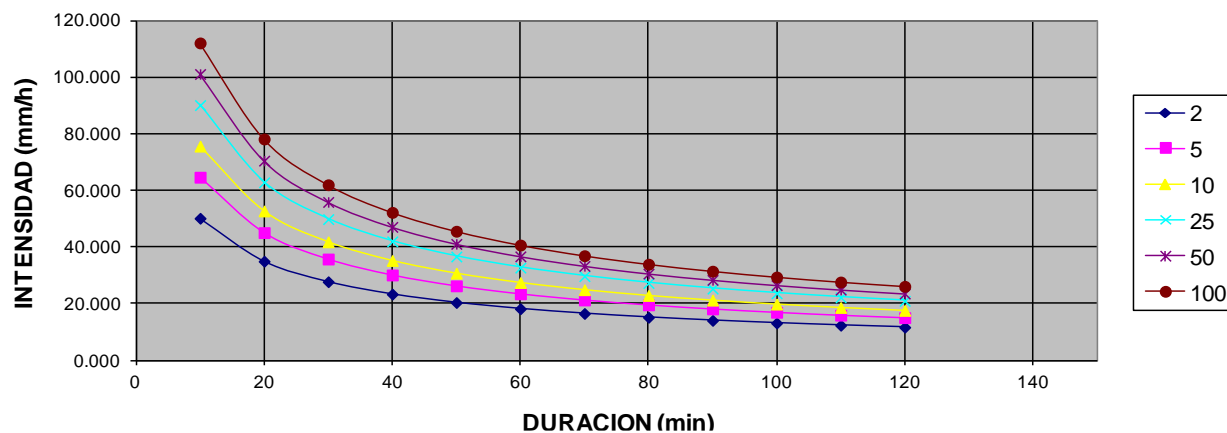


Figura 28. Curva IDF

TR	Intensidades para las duraciones de (mm/h)											
	10min	20min	30min	40min	50min	60min	70min	80min	90min	100min	110min	120min
2	50,167	34,985	27,749	23,380	20,402	18,218	16,535	15,191	14,087	13,162	12,374	11,692
5	64,671	45,100	35,772	30,139	26,301	23,486	21,316	19,583	18,160	16,968	15,951	15,072
10	75,642	52,751	41,841	35,253	30,763	27,470	24,932	22,905	21,241	19,847	18,658	17,629
25	90,146	62,865	49,864	42,012	36,662	32,737	29,713	27,297	25,314	23,652	22,235	21,010
50	101,118	70,517	55,933	47,125	41,124	36,722	33,329	30,619	28,395	26,531	24,941	23,567
100	112,090	78,168	62,002	52,239	45,586	40,706	36,945	33,941	31,476	29,409	27,647	26,124

Figura 29. Intensidades para las duraciones de mm/h

Finalmente, con las curvas IDF reportadas anteriormente, a continuación, se establece la ecuación de dichas I-D-F's de la forma:

$$I_{TR,d} = \frac{K T_R^m}{d^n}$$

Dónde:

Tr= Período de retorno (años)

d = Duración de la lluvia (min)

K, m, n = Constantes

Resultando:

$$I = \frac{186,16713 * T_r^{0,20302}}{d^{0,59341}}$$

La hoja de cálculo con el cual se obtuvo la anterior ecuación de dichas I-D-F's por el consultor.

4.3.1.6 Periodo de retorno de diseño. El periodo de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular, comercio, industria, etc. La selección del periodo de retorno está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio.

Para la selección o predicción de un periodo de retorno justo, la resolución 330 de 2017 y el RAS-2000 en su Tabla D.4.2. Establece los periodos de retorno o grado de protección que están en función del área de drenaje, el cual el consultor toma la decisión de cumplir para el proyecto de diseño el indicado con la columna denominado como “aceptable”.

Tabla 11. Periodo de retorno o grado de protección

Características del área de drenaje	Mínimo (años)	Aceptable (años)	Recomendado (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 ha	2	2	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 ha	5	5	10
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores de 1000 ha *	10	25	25
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 ha	25	25	50

Nota: Parte revestida a 10 años, más borde libre a 100 años.

- **Selección periodo de retorno.**

Para el proyecto de diseño objeto de este estudio se utiliza el periodo de retorno o grado de protección de 2 años para aquellas áreas de drenaje acumuladas de los tramos del pluvial, sean cunetas, canales o tuberías, inferior a 2 hectáreas, y periodo de retorno o grado de protección de 3 años para aquellas áreas tributarias acumuladas de los tramos del pluvial, sean cunetas, canales o tuberías, que se encuentran entre las 2 y 10 hectáreas.

Intensidad de precipitación. La intensidad de precipitación para el proyecto de diseño objeto de este estudio se calcula con la estimación del caudal pico de aguas lluvias correspondiente a la intensidad media de precipitación dada por la curva IDF seleccionada en el numeral 8.3.3 de este documento para el periodo de retorno de diseño definido con base en lo establecido en el numeral 8.3.4.1 y con una duración equivalente al tiempo de concentración de la escorrentía cuya estimación se define más adelante.

Resultados intensidades de precipitación. La intensidad de precipitación calculada para cada uno de los tramos del proyecto en estudio, se tomó a través de un estudio hidrológico que se realizó en el proyecto, estimada con la ecuación de las I-D-f's.

Tiempo de concentración. El tiempo de concentración corresponde a la suma del tiempo de entrada y tiempo de recorrido en el colector del agua lluvia.

El tiempo de entrada corresponde al tiempo requerido para que la escorrentía llegue al sumidero del colector y el tiempo de recorrido se asocia con el tiempo de viaje o tránsito del agua dentro del colector.

$$T_c = T_e + T_t$$

Dónde:

T_e = Tiempo de entrada

T_t = Tiempo de transición

Para este diseño, el consultor toma como tiempo de concentración mínimo en pozos iniciales 10 minutos, cumpliendo con lo recomendación de la norma. De la misma manera se atiende a la recomendación de este mismo numeral, donde si dos o más colectores confluyen a la misma estructura de conexión, debe considerarse como tiempo de concentración en ese punto el mayor de los tiempos de concentración de los respectivos colectores.

- **Tiempo de entrada.**

La norma recomienda varias fórmulas para estimar el tiempo de entrada. La consultoría selecciona la ecuación de la FAA de los Estados Unidos el cual es utilizado frecuentemente para

la escorrentía superficial en áreas urbanas. Su fórmula es la siguiente:

$$T_e = \frac{0.707 \times (11 - C) \times L^{1/2}}{S^{1/3}}$$

Dónde:

Te = Tiempo de entrada

C = Coeficiente de escorrentía

L = Longitud del área tributaria

S = Pendiente promedio del área tributaria

- **Tiempo de recorrido.**

La norma recomienda la siguiente fórmula para su cálculo:

$$T_t = L_c / (60 \times V)$$

Dónde:

Lc = Longitud del colector

V = Velocidad de flujo en el colector

- **Resultados tiempos de concentración.**

Los tiempos de concentración calculado para cada uno de los tramos del proyecto en estudio, se tomó del estudio hidrológico que se realizó en el proyecto de acuerdo al procedimiento y en relación a este informe por la empresa consultoría e hidráulica ambiental.

Coefficiente de escorrentía. El coeficiente de escorrentía, C, es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía.

Según la norma para su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos retardadores de la escorrentía. De igual manera, debe incluir consideraciones sobre el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y las disposiciones legales locales sobre uso del suelo.

Para áreas de drenaje que incluyan subáreas con coeficientes de escorrentía diferentes, el valor de C representativo del área debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas.

$$C = \frac{(\sum C \cdot A)}{\sum A}$$

Dónde:

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

A = Área tributaria

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0,75-0,95
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0,70-0,95
Vías adoquinadas	0,70-0,85
Zonas comerciales o industriales	0,60-0,95
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0,75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos	0,60-0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,40-0,60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0,30
Laderas sin vegetación	0,60
Laderas con vegetación	0,30
Parques recreacionales	0,20-0,35

Figura 30. Tipos de superficie

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2015).

- **Selección coeficientes de escorrentía**

Los coeficientes de escorrentía calculados para cada uno de los tramos del proyecto en el estudio hidrológico.

Los coeficientes de escorrentía calculados en el desarrollo de este proyecto fue 0,7, según el tipo de superficies considerado para cada tramo y cálculos de ponderación.

4.3.1.7 Diseño hidráulico. El diseño hidráulico se evidencia a continuación:

Parámetros de diagnóstico y diseño. Los parámetros de evaluación utilizados para el diseño del sistema de agua lluvias para las direcciones: la Cra. 2A entre calle 9 y 11 del Barrio Arguaney cabecera municipal, municipio de Arauquita - departamento de Arauca, son los dados por el Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000 y la resolución 330 de 2017.

Topografía detallada. El consultor realiza los diseños sobre una topografía detallada. Sobre el corredor definido se levanta las redes de alcantarillado existentes con la toma de las tapas de los pozos de inspección, estructuras especiales (canales, cunetas, cajas, postes, arboles), paramentos (vías y andenes) y en general todas las estructuras y tuberías que contribuyan como información de importancia.

Caudal de diseño. La metodología de cálculo del caudal de diseño se expone en este informe, con la claridad que a partir del método seleccionado se obtuvieron los caudales para el diagnóstico del sistema. En el cual se toma del estudio hidrológico de caudal y tramo a tramo.

Tabla 12. Cálculo de caudal de diseño

Tramo	Tramo Inicial	Tramo Final	Longitud [m]	n Manning	C Racional	Area Propia [Ha]	Área Acum [Ha]	{38} Qpropio [l/s]
C-1	T-1	T-2	85,00	0,015	0,70	0,209	0,209	42,410
C-2	T-3	T-4	85,00	0,015	0,70	0,209	0,209	42,410
C-3	T-5	T-6	120,00	0,015	0,70	0,333	0,543	146,927
C-4	T-7	T-8	120,00	0,015	0,70	0,333	0,543	146,927

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2015).

Sistema proyectado. Al realizar el diagnóstico y chequeo de obras hidráulicas de evacuación de la zona. No se encuentra ninguna red de alcantarillado pluvial. Después de realizar el cálculo de caudal, la alternativa de solución es manejar las aguas lluvias superficialmente a través de pendiente longitudinal hasta conducir las a las vías aledañas y ser manejadas así por estas.

5. Conclusiones

Con este proyecto los habitantes del barrio Araguaney solucionarán los inconvenientes presentados con respecto al acceso a la Cra 2ª entre calle 9 y 11., contando con un diseño adecuado de pavimento y económicamente viable.

Este ante-proyecto permite organizar las ideas y actividades para desarrollar el proyecto de grado y se complementa la teoría con la práctica.

El módulo de ruptura del concreto utilizado para la construcción de las losas, deberá cumplir con un valor de 40Kg/cm² ó 4,0 MPa.

La instalación de un geotextil tejido NT-2400 para prevenir la mezcla entre los suelos de la subrasante y los materiales que conforman las capas granulares del pavimento (art. 231 de las Normas de Ensayo de materiales de carreteras del INVIAS del 2012).

La base granular, considerada en el diseño debe cumplir con los requisitos de la norma INVIAS Artículos 300 y 330 del 2012.

En este diseño no se contempla el uso de acero para reforzar las losas, solo se tendrá acero en las dovelas y en las barras de anclaje, en los casos en que se requiera.

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 la realización de reparaciones superficiales y profundas.

El constructor podrá realizar cualquier actividad complementaria que no haya sido prevista en las alternativas propuestas y que sean necesarias para su correcto funcionamiento y preservación,

previa consulta a la entidad contratante.

Se manejarán las aguas superficialmente mediante pendiente longitudinal.

El diseño proyectado en conjunto maneja un área de drenaje de 1.085 hectáreas, que considerando toda el área tributaria posible por escorrentía o drenaje natural.

Después de realizar el cálculo de caudal, la alternativa de solución es manejar las aguas lluvias superficialmente a través de pendiente longitudinal hasta conducir las a las vías aledañas y ser manejadas así por estas.

El diseño proyectado se presenta en los planos anexos a este documento.

El método seleccionado para la estimación del caudal de diseño es el método racional, que aplican para las condiciones particulares del proyecto.

El método seleccionado para la estimación del caudal de diseño es el método racional, que aplican para las condiciones particulares del proyecto y según recomendaciones dadas por el RAS-2000 en su Capítulo D.4.3.2.

El exceso de escorrentía pluvial del sector puede evacuarse satisfactoriamente sin aumentar los flujos máximos que descargan bajo las condiciones existentes actualmente si se implantan medidas de diseño de alcantarillado pluvial mediante tuberías y/o cunetas.

En el desarrollo del diseño del alcantarillado pluvial se realizaron las actividades de campo y los trabajos necesarios para la selección del mejor trazado, evitando interferencias con las otras redes de alcantarillado, redes de acueducto, redes de media y alta tensión y con redes principales telefónicas. Esto se realizó a partir de la información recopilada con las empresas de acueducto y

alcantarillado, teléfono y energía de la ciudad de Arauca. Sin embargo, se solicita realizar un chequeo de interferencias nuevamente al momento de comenzar con la construcción esto debido que algunos pozos de alcantarillado sanitario no se pudieron inspeccionar.

El diseño definitivo se presenta en los planos anexos a este documento, el cual tiene en cuenta las interferencias con las redes de otros servicios.

Es importante señalar que, para una buena concepción, funcionalidad y operatividad del proyecto, es necesario garantizar la correcta operación del punto de entrega del proyecto en desarrollo. Por lo tanto, se debe realizar limpiezas mecánicas o manualmente cada seis (06) meses al sistema de alcantarillado y al canal.

Debido que el proyecto se localiza sobre una vía pavimentada, se recomienda respetar las rasantes en el momento de pavimentar nuevamente con los pozos proyectados.

El caudal pico de diseño resultante para el proyecto en estudio es de 0.1469 m³/s.

En caso de encontrar diferencias entre lo proyectado y lo encontrado en terreno, se podrán hacer modificaciones previa autorización de la entidad contratante.

6. Recomendaciones

La estructura de pavimento es de 22 cm de placa de concreto con un $M_r = 40 \text{ Kg/cm}^2$ (a los 28 días se debe realizar ensayos sobre vigas con carga en tercios de la luz) y 15 cm de base granular (compactada al 95% de la densidad seca máxima del Proctor Modificado).

Cabe decir que se debe realizar un mejoramiento a la subrasante con material de piedra bola o crudo tamaño máximo de 4".

Para la construcción del diseño propuesto se deben seguir las especificaciones generales y particulares planteadas en el presente informe.

En los pavimentos de concreto se puede utilizar una gama muy amplia de agregados y arenas, si cumplen con unas condiciones mínimas que están relacionadas en especial, con la granulometría (INVIAS E-123-12). Se puede trabajar con agregado grueso cuyo tamaño máximo puede ser igual hasta la tercera parte del espesor de la losa.

Para la calidad del concreto se tomarán viguetas en cada fundida, para ensayos de resistencia a la flexión de concreto, método de la viga simple cargada en los tercios de la luz, para determinar si se cumple con el módulo de rotura del concreto. Como verificación se tomarán moldes de concreto para el ensayo a compresión a los 28 días.

El agua debe ser potable, libre de azúcares y otros contaminantes.

El constructor debe verificar antes de construir, todas las interferencias con las demás redes de servicios públicos. si se evidencia una interferencia inevitable se deberá realizar las modificaciones a los diseños con previa autorización de la entidad contratante y en cumplimiento de la normatividad resolución 330 de 2017.

El constructor debe verificar distancias y diámetros según diseño.

Seguir recomendaciones del fabricante de insumos a utilizar.

Referencias Bibliográficas

- Agencia de Renovación del Territorio. (2019). *Construcción de puente vehicular sobre la quebrada Urales en la vía que conduce del municipio de Tarazá al corregimiento el Guáimaro, departamento de Antioquia*. Recuperado de:
https://www.fiduprevisora.com.co/wp-content/uploads/2020/11/ANEXO-No.-81-1314-Estudiodetransito_TARAZ%C3%81_.pdf
- Arboleda, G. (1986). *Ingeniería de Tránsito: consideraciones generales de ingeniería de tránsito. Maestría en Ingeniería de Tránsito y Transportes. Instituto de Postgrado en Vías e Ingeniería Civil*. Popayán Universidad del Cauca.
- Braja, M. (2001). *Fundamentos de ingeniería Geotécnica*. California: THOMSON.
- Campos, A. (1994). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de líneas vitales y estrategias para la mitigación del riesgo*. Bogotá: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
- Crespo C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Recuperado de:
http://books.google.com.co/books?id=Db2SQbBHVPQC&pg=PA318&dq=arcillas+expansivas&hl=es&sa=X&ei=BfCQU-TKM9TfsATlkYCABQ&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Cuenca, G., Cáceres, A., Oirdobro, G., Hasmy, Z. & Urdaneta, C. (2007). Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Interciencia*, 32(1), 23-29. Recuperado de:
<http://search.proquest.com/docview/210134217?accountid=43636>
- Essays.Club. (2018). *Clasificación AAHSTO*. Recuperado de:
http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms1/05_terzaghi_3

.pdf

Flórez, J. (2014). *Caracterización geomorfológica, geológica, geotécnica, dinámica, hidrológica e hidráulica general de la zona donde se ubica la urbanización colinas de vista hermosa.*

Tesis de grado. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

García

Guadalupe, Y. (2009). *Caracterización y evaluación del potencial expansivo de suelos arcillosos en cabo rojo.* Tesis de grado. University of Puerto Rico. San José, Puerto Rico.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1996). *Curso de construcción y conservación de pavimentos: guías de clase.* Bogotá: Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2010). *Reglamento colombiano de construcción Sismo Resistente NSR-10.* Bogotá: ICONTEC.

Instituto Nacional de Vías. (2015). *Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.* Bogotá: INVIAS.

Juárez, E. & Rico, A. (1997). *Mecánica de Suelos.* México: Editorial Limusa, S.A.

Juárez, E. (2004). *Mecánica de suelos.* México: Editorial Limusa S.A.

Mayor, R. & Cárdenas, J. (2000). *Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones.* México: Alfaomega.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). *Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias*. Bogotá: MINVIVIENDA.

Montejo, A. (2010). *Ingeniería de pavimentos Evaluación estructural obras de mejoramiento y nuevas tecnologías, ediciones y publicaciones*. Tesis de grado. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia.

Páez, D. (2022). *Pavimento*. Recuperado de: <https://www.academia.edu/8887710/PAVIMENTO>

Pousada, E. (1982). *Deformabilidad de arcillas expansivas bajo succión controlada*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.

Quintero, L. (2010). *Caracterización física, mecánica, química y morfológica de las arcillas expansivas del área metropolitana de san José de Cúcuta caso de estudio Colinas de Visa Hermosa*. Tesis de grado. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.


UPCommons. (2010). *Límites de Atterberg*. Recuperado de: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3282/5/53973-5.pdf>

Anexos

Anexo 1. Evidencias fotográficas



Anexo 2. CBR carrera 2 A calle 9 Y 13 AP N° 1



LIBARDO HERRERA QUINTERO
ESPECIALISTA EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

PROYECTO: MEJORAMIENTO MEDIANTE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRERA 2A ENTRE CALLE 9 Y 13 EN LA URBANIZACIÓN ARAGUANÉY EN EL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

LOCALIZACIÓN: CARRERA 2A ENTRE CALLES 9 Y 13

CLIENTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA

DESCRIPCIÓN: MATERIAL ARCILLOSO

APIQUE No: 1
MUESTRA: 1
PROFUNDIDAD (m): 0 - 0,80
FECHA RECEPCIÓN: 02-sep-13
FECHA ENSAYO: 06-sep-13

ENSAYO C.B.R. (INV E148)

Método Ensayo: INALTERADO Anillo de Carga No. _____
Método Compactación: _____ Ec. Calibración anillo de carga: _____ (kg)

PRUEBA No.	MATERIAL ARCILLOSO		MATERIAL ARCILLOSO		s	
	S. Inglés	S. I.	S. Inglés	S. I.	S. Inglés	S. I.
Cont. Humedad Natural, w (%)	19,6		19,6			
Cont. Humedad óptimo, w _{opt}	0,0		0,0			
Peso Unitario Seco óptimo, γ _{opt}	lb/peg ³	g/cm ³	lb/peg ³	g/cm ³	lb/peg ³	g/cm ³
No. De Golpes	12,0		12,0			
Peso muestra húmeda+molde, W _{ctm}	29,94 lb	13580,00 g	29,94 lb	13580,00 g	lb	g
Peso molde, W _m	7,82 lb	3546,00 g	7,82 lb	3546,00 g	lb	g
Volumen molde, V	285,52 pg ³	4678,90 cm ³	285,52 pg ³	4678,90 cm ³	pg ³	cm ³
Peso Unitario húmedo, γ _w	<u>0,077</u> lb/peg ³	2,14 g/cm ³	<u>0,077</u> lb/peg ³	2,14 g/cm ³	lb/peg ³	g/cm ³
C. de Hum. compactación, w _c (%)	19,3		21,8			
Peso Unit. seco compactación, γ _{sc}	<u>0,066</u> lb/peg ³	<u>1,798</u> g/cm ³	<u>0,066</u> lb/peg ³	<u>1,781</u> g/cm ³	lb/peg ³	g/cm ³
Agua Absorbida (%)						
Días de inmersión						
Lect. Expansión Inicial (mm)	0,000		0,000			
Lect. Expansión Día 1 (mm)	0,000		0,000			
Lect. Expansión Día 2 (mm)	0,000		0,000			
Lect. Expansión Día 3 (mm)	0,000		0,000			
Lect. Expansión Día 4 (mm)	0,000		0,169			
Expansión Total (%)	<u>0,000</u>		<u>0,132</u>			

Penetración Pulgadas	mm	Carga Total		Presión		Carga Total		Presión		Carga Total		Presión	
		kg	lb	kgf/cm ²	psi	kg	lb	kgf/cm ²	psi	kg	lb	kgf/cm ²	psi
MOLDE No.													
0,005	0,127	16,0	33,1	0,2	11,0	2,0	17,0	0,4	6,0				
0,025	0,630	26,0	56,1	1,3	18,4	18,0	41,0	1,0	14,0				
0,05	1,270	32,0	70,6	1,7	23,6	26,0	57,2	1,3	18,1				
0,075	1,900	37,0	81,6	1,8	27,2	31,0	68,2	1,4	22,0				
0,1	2,540	43,0	94,8	2,2	31,6	37,0	81,6	1,8	27,2				
0,125	3,170	49,0	106,3	2,6	36,2	42,0	92,0	2,2	30,9				
0,15	3,810	54,0	119,0	2,8	39,7	46,0	102,6	2,6	35,2				
0,2	5,080	62,0	130,1	3,0	43,4	53,0	116,8	2,7	38,8				
0,3	7,620	67,0	147,7	3,6	49,2	61,0	134,6	3,2	44,0				
0,4	10,160	73,0	160,9	3,8	53,6	66,0	146,9	3,6	50,0				
0,5	12,700	78,0	167,6	3,9	56,2	71,0	156,6	3,7	52,2				
Prueba No.		1		2		3							
Corrección													
Cont. Hum. Penetración (%)		<u>19,3</u>		<u>21,8</u>									
Sobrecarga Saturación. (lb)		10,0		10,0									
Sobrecarga Penetración. (lb)		10,0		10,0									
C.B.R. Corregido a 0,1"		<u>3,16</u>		<u>2,72</u>									
C.B.R. Corregido a 0,2"		<u>2,82</u>		<u>2,60</u>									



LIBARDO HERRERA QUINTERO
 ESPECIALISTA EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS

LABORATORIO DE PAVIMENTOS

PROYECTO: MEJORAMIENTO MEDIANTE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRERA 2A ENTRE CALLE 9 Y 13 EN LA URBANIZACIÓN ARAGUANÉY EN EL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

LOCALIZACIÓN: CARRERA 2A ENTRE CALLES 9 Y 13

CLIENTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA

DESCRIPCIÓN: MATERIAL ARCILLOSO

APIQUE No: 1

MUESTRA: 1

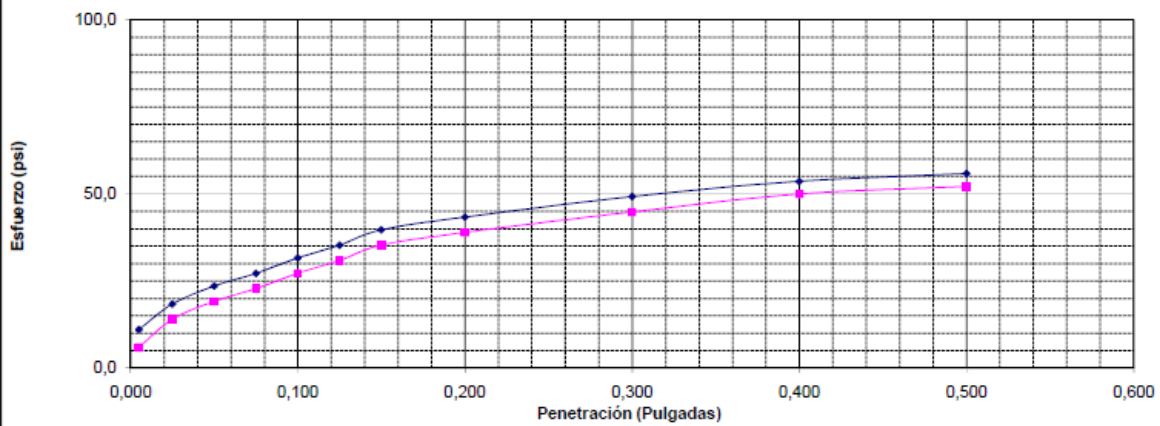
PROFUNDIDAD (m): 0 - 0,80

FECHA RECEPCIÓN: 02-sep-13

FECHA ENSAYO: 06-sep-13

ENSAYO C.B.R (INV E148)

Esfuerzo (psi) - Penetración (Pulgadas)



EJECUTO

CALCULO - REVISO



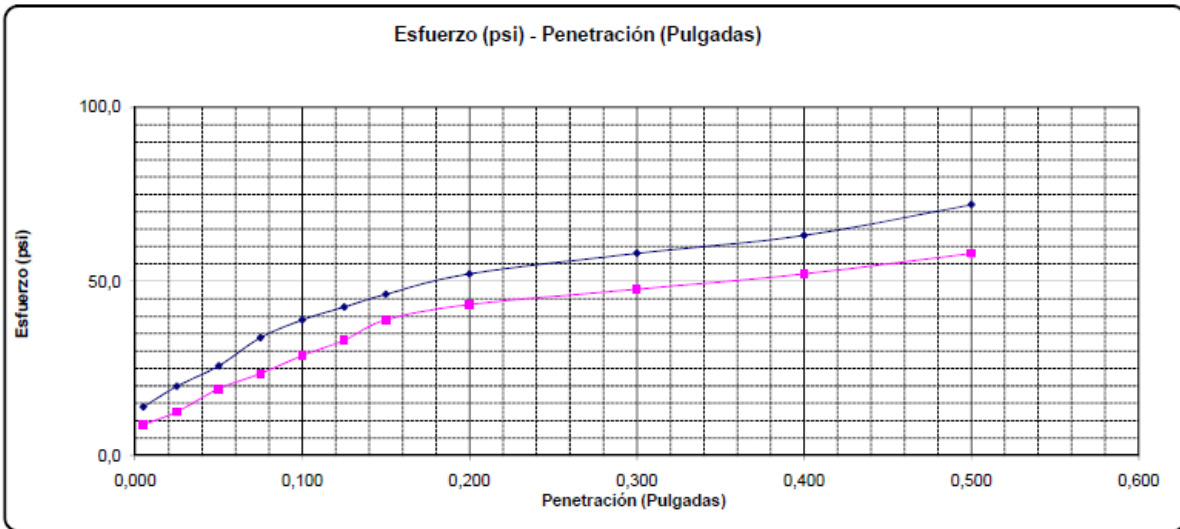


LIBARDO HERRERA QUINTERO
 ESPECIALISTA EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS

LABORATORIO DE PAVIMENTOS

PROYECTO:	MEJORAMIENTO MEDIANTE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRERA 2A ENTRE CALLE 9 Y 13 EN LA URBANIZACIÓN ARAGUANÉY EN EL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	APIQUE No:	2
LOCALIZACIÓN:	CARRERA 2 A ENTRE CALLE 9 Y 13	MUESTRA:	1
CLIENTE:	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	PROFUNDIDAD (m):	0,0-0,80
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA GRIS CO BETAS BLANCAS	FECHA RECEPCIÓN:	02-sep-13
	A ESTA PROFUNDIDAD SE ENCONTRO EL NIVEL FREATICO	FECHA ENSAYO:	06-sep-13

ENSAYO C.B.R (INV E148)




EJECUTO

CALCULO - REVISO



Anexo 4. CBR carrera 2 a calle 9 Y 13 AP N° 3

	 ING. LIBARDO HERRERA QUINTERO ESPECIALISTA EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS LABORATORIO DE PAVIMENTOS							
PROYECTO: LOCALIZACIÓN: CLIENTE: DESCRIPCIÓN:	MEJORAMIENTO MEDIANTE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRERA 2A ENTRE CALLE 9 Y 13 EN LA URBANIZACIÓN ARAGUANAY EN EL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				APIQUE No: 3 MUESTRA: 1 PROFUNDIDAD (m): 0.8 FECHA RECEPCIÓN: 02-sep-13 FECHA ENSAYO: 08-sep-13			
ENSAYO C.B.R (INV E148)								
Método Ensayo	INALTERADO				Anillo de Carga No.			
Método Compactación					Ec. Calibración anillo de carga :	(kg)		
PRUEBA No.	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO CON BETAS BLANCAS			ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO CON BETAS BLANCAS			3	
UNIDADES	S. Inglés		S. I.		S. Inglés		S. I.	
Cont. Humedad Natural, w (%)	19,3			19,3				
Cont. Humedad óptimo, w _{opt}	0,0			0,0				
Peso Unitario Seco óptimo, γ _{opt}	lb/pg ³			g/cm ³			lb/pg ³	g/cm ³
No. De Golpes	12,0			12,0				
Peso muestra húmeda+móide, W _{sp+m}	29,81	lb	13521,00	g	29,81	lb	13521,00	g
Peso móide, W _m	7,49	lb	3399,00	g	7,49	lb	3399,00	g
Volumen móide, V	285,52	pg ³	4678,90	cm ³	285,52	pg ³	4678,90	cm ³
Peso Unitario húmedo, γ _w	<u>0,078</u>	lb/pg ³	2,16	g/cm ³	<u>0,078</u>	lb/pg ³	2,16	g/cm ³
C. de Hum. compactación, w _c (%)	19,3			21,8				
Peso Unit. seco compactación, γ _{sc}	<u>0,088</u>	lb/pg ³	<u>1,813</u>	g/cm ³	<u>0,084</u>	lb/pg ³	<u>1,778</u>	g/cm ³
Agua Absorbida (%)								
Días de Inmersión								
Lect. Expansión Inicial (mm)	0,000			0,000				
Lect. Expansión Día 1 (mm)	0,000			0,000				
Lect. Expansión Día 2 (mm)	0,000			0,000				
Lect. Expansión Día 3 (mm)	0,000			0,000				
Lect. Expansión Día 4 (mm)	0,000			0,344				
Expansión Total (%)	<u>0,000</u>			<u>0,271</u>				
Penetración	Pulgadas	mm	Carga Total	Presión	Carga Total	Presión	Carga Total	Presión
			kg	kgf/cm²	lb	kgf/cm²	kg	kgf/cm²
			lb	psi		psi		
MOLDE No.								
0,005	0,127		<u>10,0</u>	<u>35,3</u>	<u>0,8</u>	<u>11,8</u>	<u>10,0</u>	<u>22,0</u>
0,025	0,630		<u>25,0</u>	<u>55,1</u>	<u>1,3</u>	<u>18,4</u>	<u>17,0</u>	<u>37,5</u>
0,05	1,270		<u>41,0</u>	<u>90,4</u>	<u>2,1</u>	<u>30,1</u>	<u>31,0</u>	<u>68,3</u>
0,075	1,900		<u>52,0</u>	<u>114,0</u>	<u>2,7</u>	<u>38,2</u>	<u>38,0</u>	<u>83,8</u>
0,1	2,540		<u>60,0</u>	<u>132,3</u>	<u>3,1</u>	<u>44,1</u>	<u>43,0</u>	<u>94,8</u>
0,125	3,170		<u>69,0</u>	<u>152,1</u>	<u>3,0</u>	<u>50,7</u>	<u>51,0</u>	<u>112,4</u>
0,15	3,810		<u>74,0</u>	<u>163,1</u>	<u>3,8</u>	<u>54,4</u>	<u>56,0</u>	<u>123,5</u>
0,2	5,080		<u>83,0</u>	<u>183,0</u>	<u>4,3</u>	<u>61,0</u>	<u>62,0</u>	<u>138,7</u>
0,3	7,620		<u>92,0</u>	<u>202,8</u>	<u>4,8</u>	<u>67,6</u>	<u>74,0</u>	<u>163,1</u>
0,4	10,160		<u>105,0</u>	<u>231,5</u>	<u>5,4</u>	<u>77,2</u>	<u>87,0</u>	<u>191,8</u>
0,5	12,700		<u>123,0</u>	<u>271,2</u>	<u>6,4</u>	<u>90,4</u>	<u>99,0</u>	<u>218,3</u>
Prueba No.	1			2			3	
Corrección								
Cont. Hum. Penetración (%)	<u>19,3</u>			<u>21,8</u>				
Sobrecarga Saturación. (lb)	10,0			10,0				
Sobrecarga Penetración. (lb)	10,0			10,0				
C.B.R. Corregido a 0,1"	<u>4,41</u>			<u>3,18</u>				
C.B.R. Corregido a 0,2"	<u>4,07</u>			<u>3,04</u>				

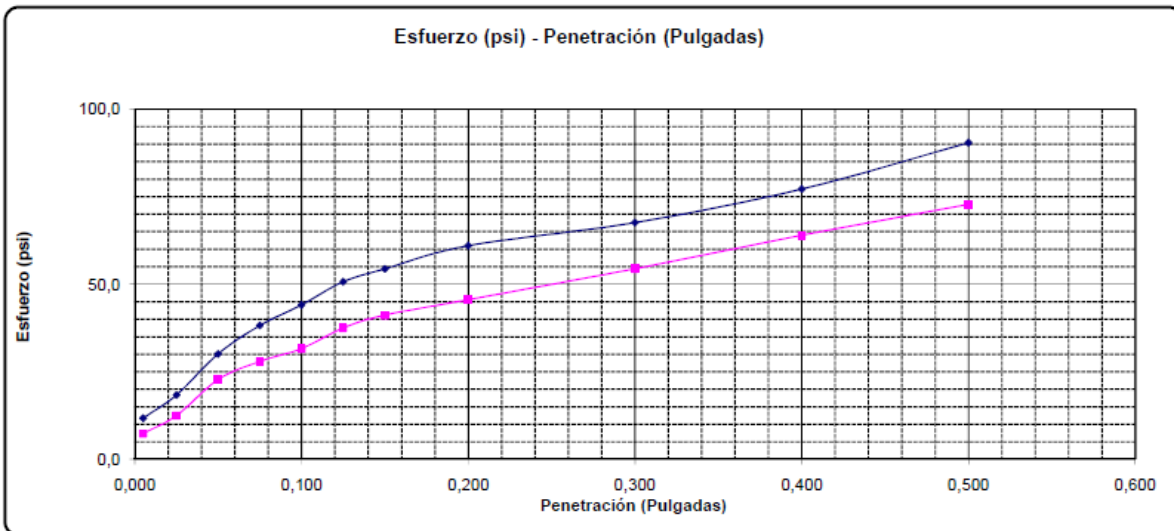


ING. LIBARDO HERRERA QUINTERO
ESPECIALISTA EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS

LABORATORIO DE PAVIMENTOS

MEJORAMIENTO MEDIANTE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRERA 2A ENTRE CALLE 9 Y 13 EN LA URBANIZACIÓN ARAGUANÉY EN EL MUNICIPIO DE ARAUQUITA,		APIQUE No:	3
PROYECTO:	DEPARTAMENTO DE ARAUCA	MUESTRA:	1
LOCALIZACIÓN:	CARRERA 2 A CON CALLES 9 Y 13	PROFUNDIDAD (m):	0,0 - 0,8
CLIENTE:	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	FECHA RECEPCIÓN:	02-sep-13
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO CON BETAS BLANCAS	FECHA ENSAYO:	06-sep-13

ENSAYO C.B.R (INV E148)



EJECUTO

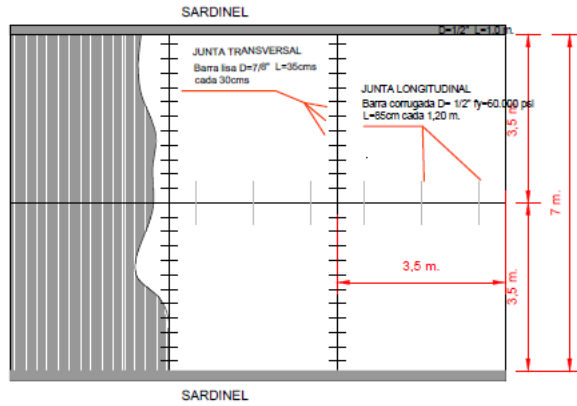
CALCULO - REVISO



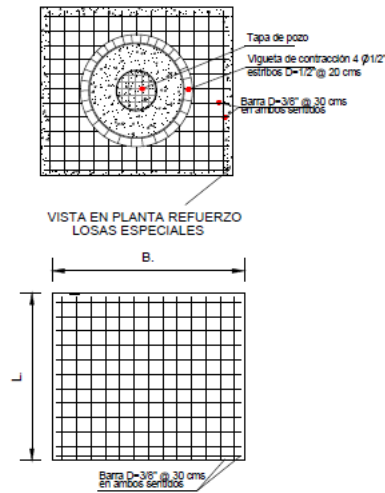
Anexo 5. Diseño pavimento carril Ancho 7m-Modelo

REFUERZO DE JUNTAS

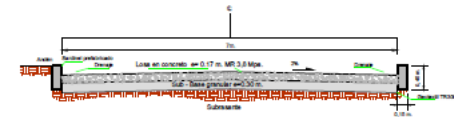
VISTA EN PLANTA DE PASAJUNTAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES



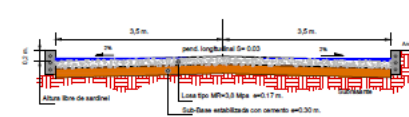
VISTA EN PLANTA REFUERZO LOSAS EN POZOS DE INSPECCIÓN



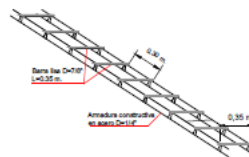
SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA, PAVIMENTO



ESQUEMA GENERAL DE DRENAJE SUPERFICIAL

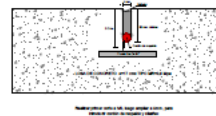


CANASTILLA DE ALTURA h= 7.5 cms. SOPORTE DE PASAJUNTAS TRANSVERSALES

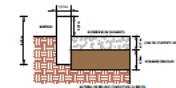


ESCALA 1:25

DETALLE DE PARA CORTE DE JUNTAS



DETALLE DE SARDINEL PERIMETRAL



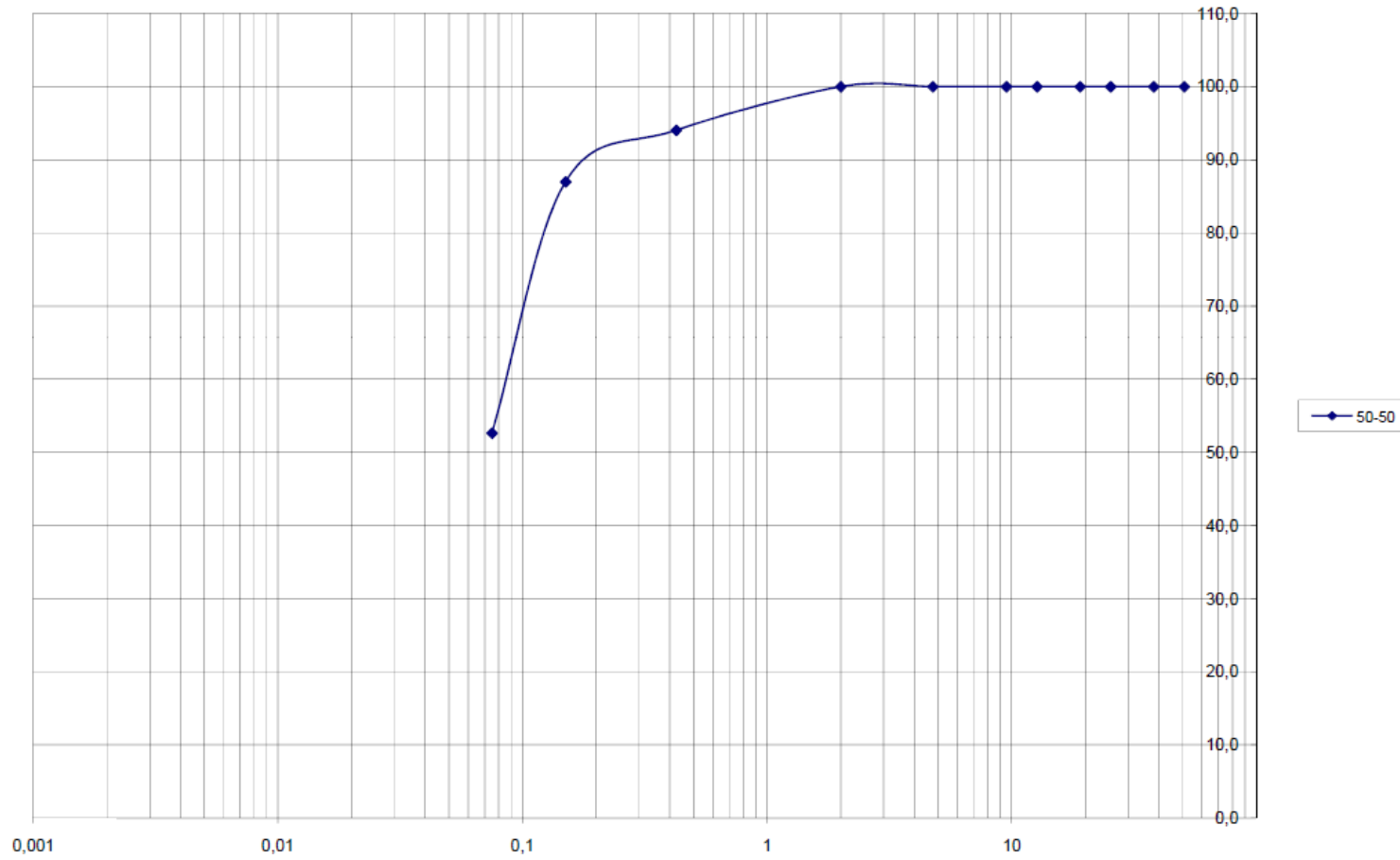
MATERIALES

LOSA EN CONCRETO MP=3.8 Mpa
Detalle: concreto con fibra de vidrio 3/8"
Detalle: agregado de tipo controlado con M_v = 100%
Módulo de elasticidad E_c = 25,000

ESCALA 1:25

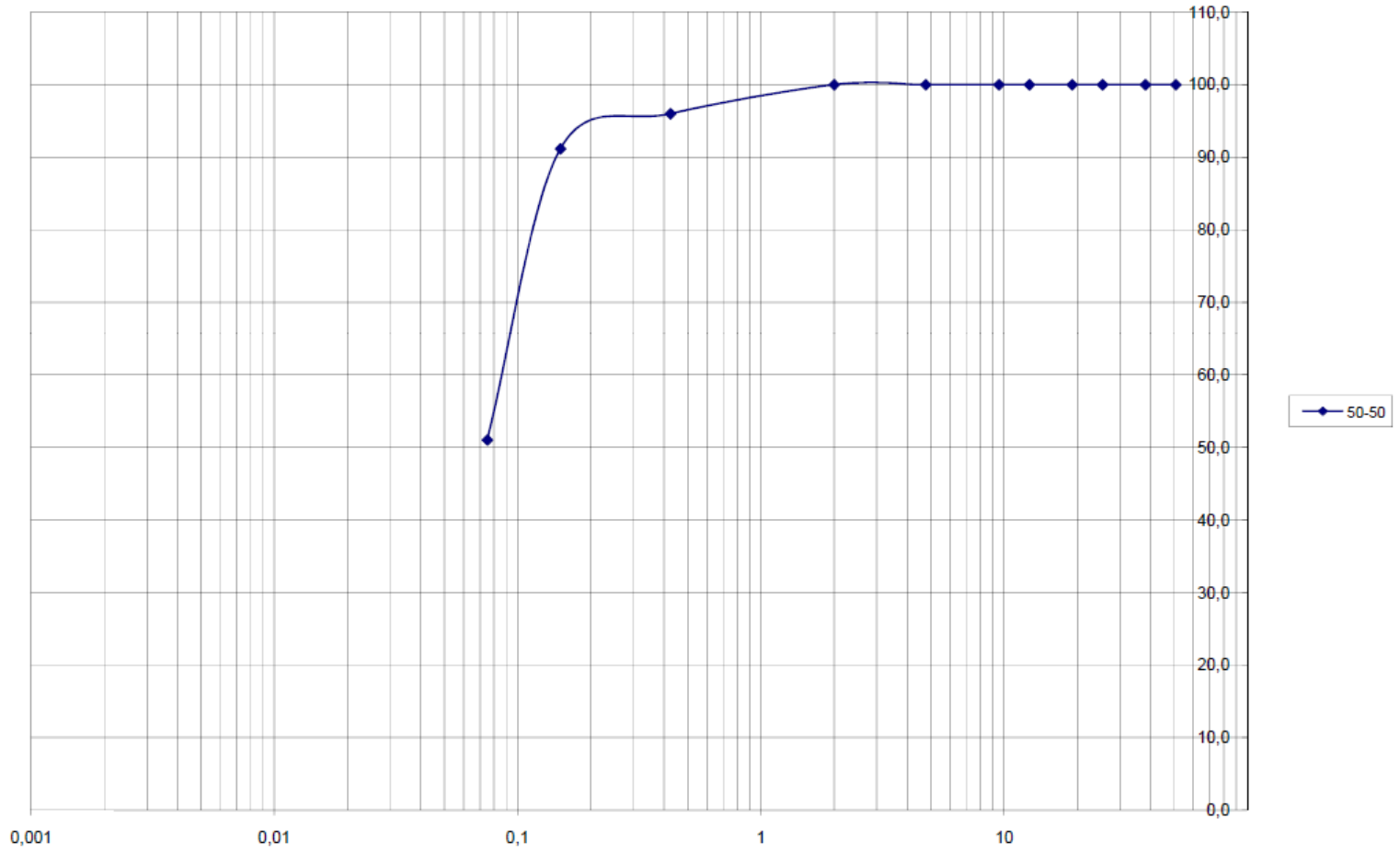
Anexo 6. L1-Carrera 2 A (Graf)

50-50



Anexo 8. L2-Carrera 2A (Graf)

50-50



Anexo 9. L2-Carrera 2A



ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA -- (ASTM D 4318-95)

PROYECTO: MEJORAMIENTO MEDIANTE LA PAVIMENTACION DE VIAS URBANAS **SONDEO:** AP 2
LOCALIZACIÓN: CRA 2 A ENTRE CALL 9 Y 13 **ABSCISA:** K00+290 **MUESTRA:** 1
CLIENTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA **PROF. (m):** 0,00- 0,800
DESCRIPCIÓN: ARCILLA FINA **FECHA RECEPCIÓN:** 02-sep-13
FECHA ENSAYO: 06-sep-13

LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes	31	27	19
Vidrio No	26	63	18
W _{rmh} , (g)	78,10	79,80	79,50
W _{rms} , (g)	77,40	78,60	78,20
W _{rl} , (g)	74,60	75,70	75,20
Contenido de Humedad, w (%)	25,0	41,4	43,3

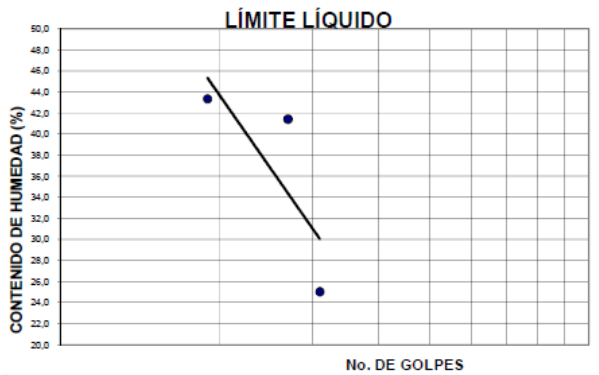
GRANULOMETRÍA

P1 (g) =	587,20	P2 (g) =	287,7	
Tamiz	Tamaño	Peso Retenido (g)	(%) Retenido	(%) Pasa
3				
2,5				
2				
1 1/2				
1				
3/4				
1/2				
3/8				
30				
40				100,0
50	23,50	4,0	96,0	
100	28,40	4,8	91,2	
200	235,8	40,2	51,0	
F	299,5	51,0		

LÍMITE PLÁSTICO

w (%)

Vidrio No	84	12	16
W _{rmh} , (g)	9,4	10,30	472,00
W _{rms} , (g)	8,9	9,70	395,60
W _{rl} , (g)	6,5	7,00	64,50
Contenido de Humedad (%)	20,8	22,2	23,1



RESULTADOS

Límite Líquido : 37
 Límite Plástico : 22
 Índice Plasticidad : 15
 USC : CL
 Índice de Grupo : 5
 AASHTO : A-6
 Observaciones: _____

LIBARDO HERRERA QUINTERO
 Ing. CIVIL . ESPECIALISTA EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS
 Matricula Profesional 2520257792 CND



Anexo 10. L3-Carrera 2A (Graf)

50-50

