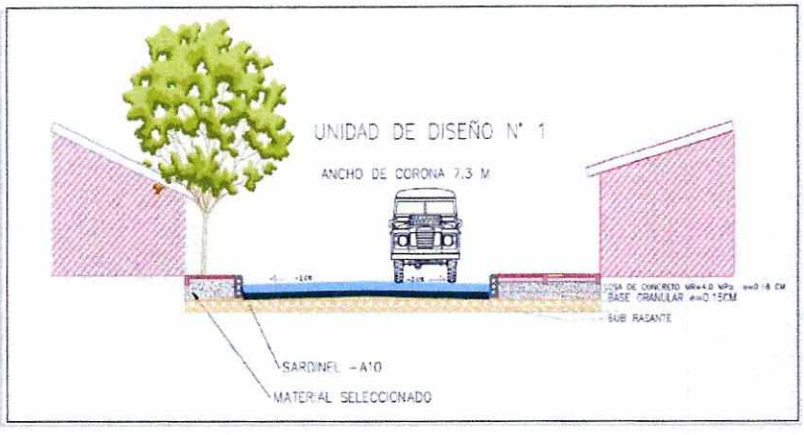
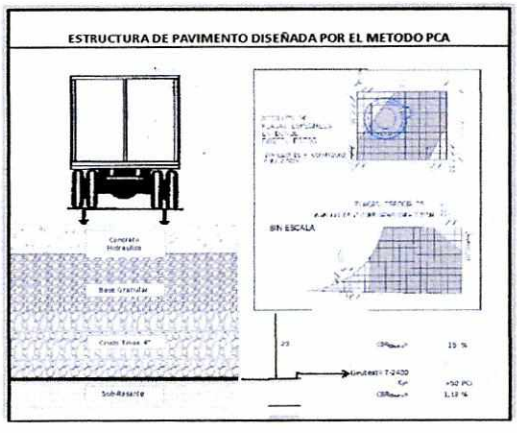
ConAsollano G&B
CONTRATISTAS Y ASOCIADOS DEL LLANO G&B











Presentado a:
DEPARTAMENTO DE ARAUCA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA DEPARTAMENTAL

Presentado por:
CONTRATISTAS Y ASOCIADOS DEL LLANO G&B SAS

Producto.
DISEÑO ESTRUCTURA PAVIMENTO

OBJETO: "MEJORAMIENTO Y ADECUACION DE LA RED VIAL Y URBANISMO EN EL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".

CONTIENE: **PRODUCTO.** DISEÑO ESTRUCTURA PAVIMENTO

FECHA: Abril de 2024

VERSIÓN	FECHA DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
V1	Abril de 2024	DISEÑO ESTRUCTURA PAVIMENTO

ELABORÓ:

NOMBRE: SERGIO ANDRÉS CLARO LÓPEZ
ESPECIALIDAD: ING. M.Sc. INGENIERIA VIAL
M.P. No: 54202-106833

REVISÓ Y APROBÓ:

INGENIERO CIVIL: KAROL YESENIA GUERRA VEGA
R/L. CONTRATISTAS Y ASOCIADOS DEL LLANO G&B SAS
M.P. No.: 25202 – 304163 CND
CONSULTORIA EXTERNA

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN **9**
1. ANTECEDENTES **10**
2. GENERALIDADES **10**
2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 10
3. ALCANCE **11**
4. DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS **14**
4.1 OBJETO DEL ESTUDIO 14
5. CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ÁREA EN ESTUDIO **14**
6. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO **16**
7. INVESTIGACIONES REALIZADAS **17**
7.1 Geología de la zona. 17
7.2 GENERALIDADES 17
7.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL SUBSUELO 17
7.4 ESTRATIGRAFIA 18
7.5 UNIDADES GEOLÓGICAS CUATERNARIAS 19
7.5.1 Geomorfología 24
7.5.2 Amenazas por sismicidad. 25
7.5.3 Amenazas por inundaciones. 26
7.5.4 Reconocimiento de Campo 27
7.5.5 Características Ambientales 27
7.5.6 Hidrografía 28
7.6 GEOTECNIA 28
7.6.1 Investigación del Subsuelo 29
7.6.2 Conformación del Subsuelo 34
8. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO **35**
8.1 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN. 35
8.1.1 Parámetros De Resistencia Medidos En Campo 36
8.2 NIVEL DE CONFIANZA DEL DISEÑO 37
8.3 SELECCIÓN DEL CBR DE DISEÑO. 38
8.4 ESTIMACIÓN DE TRÁNSITO DE DISEÑO 41
8.5 PARÁMETROS Y VARIABLES DE DISEÑO 47
8.6 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO. 52
8.6.1 Tránsito 52
8.6.2 Método De Diseño Y Parámetros Adoptados 53
8.7 DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MÉTODO INVIAS 53
8.8 DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MÉTODO PCA 54

8.9 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXO TRACCIÓN 56
8.10 Cálculo De Esfuerzos Y Deflexiones De La Losa De Concreto 58
8.11 ESPESORES RECOMENDADOS DEL PAVIMENTO RÍGIDO..... 61

9. SISTEMA CONSTRUCTIVO Y JUNTAS 61
10. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN 64

10.1 CAPA DE SUBRASANTE MEJORADA 64
10.2 CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO..... 64

11. CONCLUSIONES 64
12. RECOMENDACIONES 66
13. BIBLIOGRAFÍA 67

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen No. 1 – Localización general del tramo objeto de la consultoría, Municipio de Tame. 11
Imagen No. 2 –Localización vías objeto de la consultoría 12
Imagen No. 3 – Clima De Arauca. 14
Imagen No. 4 – Precipitación Total Anual Región de la Orinoquia 15
Imagen No. 5 – Precipitación Departamento de Arauca 16
Imagen No. 6 - Mapa Geológico Colombia - 2023 18
Imagen No. 7 - Polígonos morfológicos del Departamento de Arauca. 25
Imagen No. 8 Mapa de sismos que ocurridos en el Departamento de Arauca. 26
Imagen No. 9 - Mapa de amenazas por inundación del Departamento de Arauca. 26
Imagen No. 10 - Clasificación del Clima del Departamento de Arauca. 27
Imagen No. 11 Precipitación Municipio de Tame. 28
Imagen No. 12 Localización de los apiques. 33
Imagen No. 13 Calculo CBR de diseño. 40
Imagen No. 14 – Localización de Estaciones de Aforo Vehicular 42
Imagen No. 15 – Esquema de clasificación de vehículos 43
Imagen No. 16 – Salida dimensionamiento estructura de Pavimento método INVIAS 54
Imagen No. 17 – Salida dimensionamiento estructura de Pavimento método PCA 55
Imagen No. 18 – Esquema de los puntos de análisis de Esfuerzos y Deformaciones de una losa de concreto 58
Imagen No. 19 – Calculo de Esfuerzos y Deformaciones de una losa de concreto 60
Imagen No. 20 – Localización de las juntas longitudinales de doble sentido y de ancho "A" 62
Imagen No. 20 – Reforzamiento de losas especiales 63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Coordenadas del sector 11
Tabla 2 – Tramos viales a diseñar 12
Tabla 3 – Localización y profundidad de los Apiques 32
Tabla 4 – Cantidad total de ensayos ejecutados en campo y laboratorio. 34
Tabla 5 porcentaje USCS en el proyecto 35
Tabla 6 Características del Suelo de Subrasante. 35
Tabla 7 – Parámetros de resistencia CBR (Inalterado - Sumergido). 36
Tabla 8 – Niveles de Confiabilidad a Adoptar en Función del Tipo de Carretera 37
Tabla 9 – Límites para selección de resistencia 39
Tabla 10 Clasificación del suelo de acuerdo al CBR. 41
Tabla 11 – Factores de corrección por estacionalidad. 45
Tabla 12 Categorías de tránsito para la selección de espesores 52
Tabla 13 Resistencia que debe alcanzar el concreto 56
Tabla 14 Modulo De Elasticidad Ec, por tipo de agregado 56
Tabla 15 Calculo de las dovelas o pasadores 56
Tabla 16 Calculo de las dovelas o pasadores 57
Tabla 17 Esfuerzos De Tensión En La Losa De Concreto 60
Tabla 18 Deformaciones De Tensión En La Losa De Concreto 60
Tabla 19 Espesores de Diseño para Pavimento Rígido Unidad 1 61

LISTA DE SIGLAS

ASTM: American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
B: Bermas
BEC: Base estabilizada con cemento
BG: Base granular
CBR: California Bearing Ratio
D: Dovelas
DNP: Departamento Nacional de Planeación
Ec: "Módulo de elasticidad del concreto"
EOT: Esquema de Ordenamiento Territorial
FC: factor camión
FE: factor equivalencia
IP: Índice de plasticidad
k: Módulo de reacción de la subrasante
LL: Límite líquido
LP: Límite plástico
MR: Módulo de rotura del concreto
Mr: Módulo resiliente
PCA: Portland Cement Association (Asociación de cemento Portland)
PMT: Plan de Manejo de Tránsito
Pt: Índice de servicio final
SN: Suelo natural o subrasante
TPDs, TPDm, TPDa: Tránsito Promedio Diario calculado con base en un conteo semanal -s-, mensual -m- o anual -a- respectivamente
USCS: Unified Soil Classification System (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

LISTA DE ACRÓNIMOS

AASTHO: American Association of State Highway Officials (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes)
IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia
INGEOMINAS: Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras
INVIAS: Instituto Nacional de Vías.

GLOSARIO

BASE GRANULAR: material granular grueso compuesto por triturados, arena y material fino.

BERMA: Parte de la estructura de la vía, destinada al soporte lateral de la calzada para el tránsito de peatones, semovientes y ocasionalmente al estacionamiento de vehículos y tránsito de vehículos de emergencia.

DISEÑO DE PAVIMENTO: Consiste en la determinación de los espesores de cada capa que constituye la sección estructural del pavimento, la cual permitirá soportar las cargas durante un periodo de tiempo determinado.

DOVELA: Barras de acero lisas las cuales no se debe de adherir el concreto, permitiendo el libre movimiento de losas horizontalmente

DRENAJE: Acción de drenar o evacuar las aguas que se acumulan sobre la superficie del suelo y/o pavimento por efectos de inundación, anegamiento o encharcamiento.

ESTUDIO DE TRANSITO: Insumo fundamental para el desarrollo general del proyecto, el cual comprende cuatro etapas principales: recolección y análisis de la información, modelación situación actual y con proyecto, pronósticos del tránsito y evaluación de alternativas.

GEOTEXTIL: Es una tela permeable y flexible de fibras sintéticas, principalmente polipropileno y poliéster, que funcionan como separador de agregados en una estructura de pavimento y en algunos casos se usan para aumentar la capacidad de soporte de un suelo.

JUNTAS: Son simplemente grietas planificadas previamente. Las juntas en las losas de concreto pueden ser creadas mediante moldes, herramientas, aserrado y con la colocación de formadores de juntas.

PAVIMENTO: Estructura compuesta por diferentes capas de materiales sobre un terreno natural, que permite el tránsito sobre ella de vehículos y o peatones de una forma segura, cómoda y confortable.

SARDINEL O BORDILLO: Elemento de concreto, asfalto u otros materiales ubicado a nivel superior de la calzada y que sirve para delimitarla.

SUBBASE GRANULAR: material granular grueso compuesto por triturados, arena y material fino, pero de menor calidad que la base granular.

SUBRASANTE: Es el suelo de fundación de la estructura del Pavimento.

URBANISMO: Estudio de la planificación y ordenación de las ciudades y del territorio.

VIA: Espacio donde se desarrolla el tránsito. Se denomina vía a toda calle, carretera o camino abierto al uso público

INTRODUCCIÓN

Después de recopilar y procesar la información obtenida en el campo, el presente informe presenta propuestas de diseño de pavimento para el proyecto de "MEJORAMIENTO Y ADECUACION DE LA RED VIAL Y URBANISMO EN EL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA". Este proyecto responde a las diversas inversiones en infraestructura vial que se están llevando a cabo en el Departamento de Arauca, con el objetivo de abordar los desafíos de movilidad y el estado actual de las vías tanto en áreas urbanas como rurales, incluyendo los correspondientes corredores de tráfico.

El deterioro de las vías urbanas y rurales en el municipio de Tame afecta negativamente la conectividad entre áreas clave, generando molestias e inconvenientes para los usuarios, especialmente cuando algunas de estas vías carecen completamente de pavimentación. Por ello, la mejora de la pavimentación en las calles urbanas de Tame, objeto de este informe, tiene un impacto significativo en la calidad de vida de los habitantes. Se espera que estas inversiones contribuyan a reducir los tiempos de viaje entre puntos de origen y destino, además de facilitar el acceso a áreas importantes en términos económicos, sociales, de salud y educativos del municipio.

El diseño propuesto inicialmente se basará en un análisis geotécnico y de tráfico para recopilar los parámetros de diseño necesarios. Estos parámetros permitirán plantear una estructura vial que se adapte a las condiciones actuales de las vías y a las características específicas de cada sector, de manera coherente y uniforme.

1. ANTECEDENTES

Actualmente el área urbana del municipio de Tame presenta dificultades de movilidad vehicular y peatonal, por el mal estado que presentan sus vías debido al alto deterioro de la superficie de rodadura, además de que su zona urbanística no está diseñada como espacios dedicados al paso exclusivo de peatones, con la implicación normativa que requiere, donde se prioricen por ejemplo a personas con movilidad reducida o limitada, todo esto aunado a sectores de uso público construidos durante varias décadas atrás además de construcciones sin consideraciones técnicas junto a la falta de mantenimiento periódico y rutinario.

Las vías se encuentran pavimentadas, pero en mal estado, lo cual genera aumento en tiempos de viaje, ocasionando disminución del acceso al comercio en los sectores afectados; así como también congestión vial y daños frecuentes en los vehículos particulares y de transporte público, trayendo con esto mayores costos de movilización y operación de los vehículos. Además de lo anterior, dicha situación afecta el paisaje urbano, deteriorando la imagen favorable del municipio.

De acuerdo con el perfil e informe diagnóstico existen alternativas de intervención integral en las cuales se proponen cuatro esquemas básicos que integran el potencial espacial de las vías urbanas del municipio de Tame, es de aclarar que la propuesta de intervención que se desarrolle con el presente estudio puede considerar propuestas alternativas, sin embargo, es necesario reducir el nivel de incertidumbre con la elaboración de estudios técnicos detallados que permita obtener información primaria para evaluar las diferentes alternativas que permitan la toma de decisiones y su posterior etapa de inversión.

2. GENERALIDADES

2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La localización del proyecto se encuentra en el Municipio de Tame, Departamento de Arauca en las vías ubicadas en la Calle 15 entre carreras 14 y 23, Carrera 14 entre calle 14 y 15 y Carrera 15 entre calle 14 y 15.

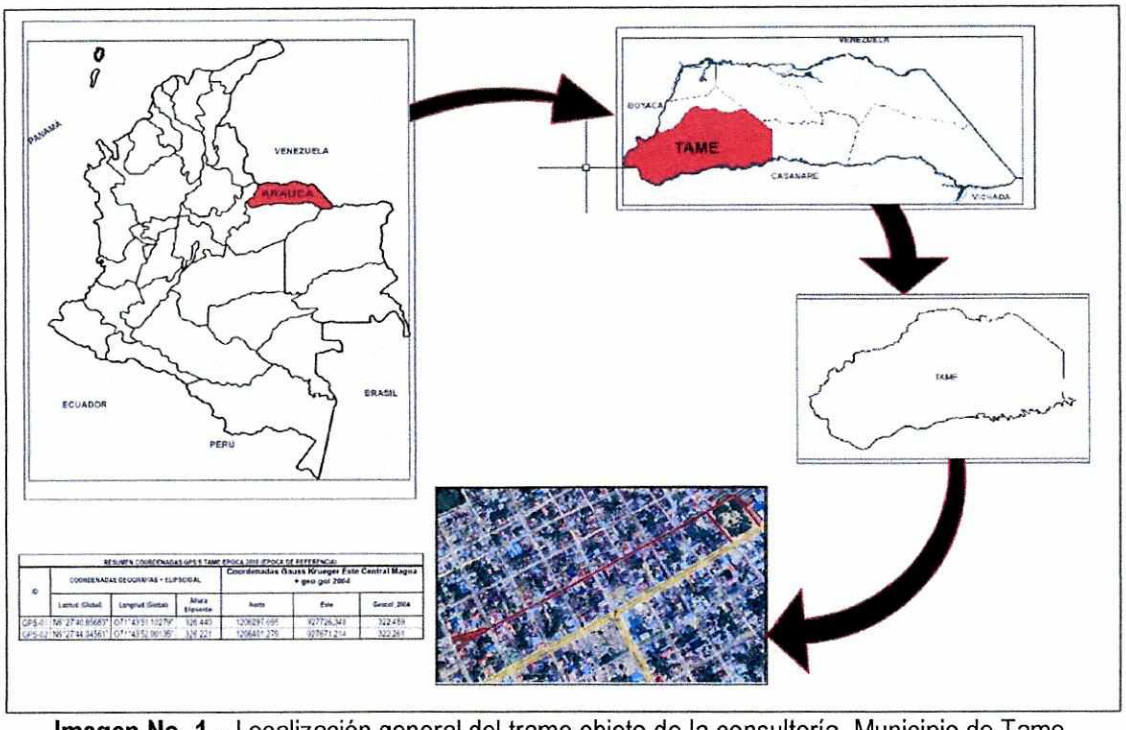


Imagen No. 1 – Localización general del tramo objeto de la consultoría, Municipio de Tame.

Fuente: Equipo consultor.

Tabla 1 – Coordenadas del sector.

RESUMEN COORDENADAS GPS'S TAME EPOCA 2018 (EPOCA DE REFERENCIA)						
ID	COORDENADAS GEOGRÁFIAS + ELIPSOIDAL			Coordenadas Gauss Krueger Este Central Magna + geogol 2004		
	Latitud (Global)	Longitud (Global)	Altura Elipsoidal	Norte	Este	Geocol_2004
GPS-01	N6°27'40.65663"	O71°43'51.10279"	326.440	1206297,095	927726,348	322,489
GPS-02	N6°27'44.04561"	O71°43'52.90135"	326.221	1206401,279	927671,214	322,261

Fuente: Equipo consultor.

3. ALCANCE

El alcance del proyecto comprende la elaboración de estudios y diseños integrales para la intervención y adecuación de once (13) tramos viales en el sector urbano del municipio de Tame, incluye los diseños arquitectónicos y paisajísticos del espacio público y zonas peatonales, estudios y diseños hidráulicos e hidrológicos, además el diseño eléctrico e iluminación sobre las vías señaladas en la siguiente localización:

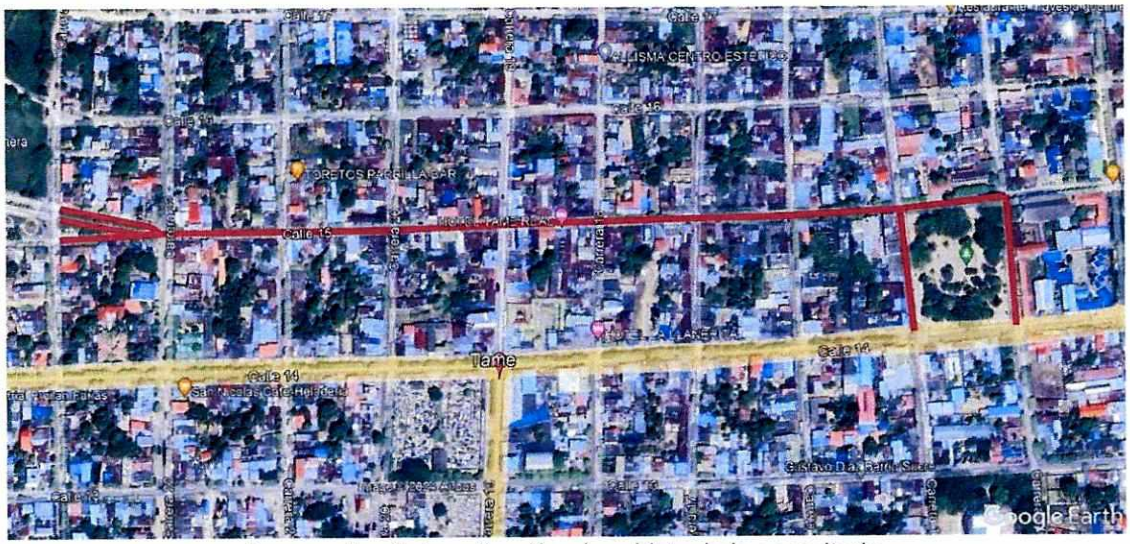


Imagen No. 2 –Localización vías objeto de la consultoría
Fuente: Google Earth editado por equipo consultor

1. Diseño de Infraestructura vial: el componente de infraestructura vial contempla todo lo relacionado con estudios y diseños necesarios para el manejo y circulación del tráfico vehicular del municipio de Tame como:

   - Estudio topográfico
   - Estudio de geotecnia y suelos
   - Estudio geológico
   - Estudio de transito
   - Diseño Geométrico
   - Diseño Estructura pavimento
   - Estudio del plan de manejo de tránsito PMT
   - Diseño de la señalización horizontal y vertical

Tabla 2 – Tramos viales a diseñar.

Tramo Vial	Longitud (km)	Cantidad de cuadras por tramo
Calle 15 entre Carreras 14 y 23	1,17	9
Carrera 14 entre Calle 14 y 15	0,13	1
Carrera 15 entre Calle 14 y 15	0,13	1
TOTAL	**1,43**	**11**

Fuente: Equipo consultor.

2. Diseño de Urbanismo: los diseños urbanísticos necesarios para formular un proyecto urbano integral en el corredor del proyecto, que tenga como finalidad satisfacer las necesidades de

los ciudadanos en términos de movilidad y espacio público, de acuerdo con las normas vigentes, contemplando los siguientes entregables:

- Diseño Arquitectónico y Paisajístico de Urbanismo
- Diagnóstico y Diseño Estructural de los Andenes
- Diseño Eléctrico e Iluminación

3. Diseños hidráulicos (Acueducto, alcantarillado sanitario y manejo pluvial): Las vías a diseñar debe contemplar dentro de su análisis el estudio hidrológico e hidráulico de la zona en afectación a partir de la previa auscultación visual realizada, información topográfica procesada, estudios de suelos ejecutados y demás información relevante, consignado en los siguientes entregables:

   - Estudio hidrológico
   - Estudio hidráulico

4. Componente ambiental: con la realización de los estudios y diseños integrales debe contemplarse la descripción de las actividades constructivas a ejecutar que son susceptibles de producir impactos ambientales, el desarrollo del programa de adaptación de la guía ambiental, teniendo en cuenta cada uno de sus componentes (biótico, físico y social) y el establecimiento de los permisos ambientales necesarios para la ejecución completa del proyecto, de la normatividad que rige cada uno de estos trámites y las entidades ante las cuales se debe tramitar cada uno de ellos, además el manejo y el aprovechamiento forestal sostenible requieren de la formulación y la aplicación real de planes, donde caracterización de las zonas verdes y la flora existente, de tal manera de se proponga la intervención del componente arbóreo en cumplimiento de las normativas existentes, sirviendo de instrumentos técnicos, científicos y socioeconómicos para la administración, ejecución y seguimiento de la actividad forestal productora, así como para la conservación de los ecosistemas, estos se reflejan en los siguientes entregables:

   - Diseño del plan de manejo ambiental PMA o PAGA
   - Plan de Aprovechamiento Forestal

5. Estructuración técnica y financiera: una vez aprobada la propuesta de diseño final se debe plantear el lineamiento técnico, constructivo y financiero consignado en los siguientes entregables:

   - Diseño del proceso constructivo
   - Especificaciones Técnicas
   - Estructuración financiera (Incluye Presupuestos, Memorias, Análisis de Precios Unitarios, Cronograma)
   - Análisis de Transporte y documentación de fuentes de materiales

4. DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS.

El presente informe tiene como objetivo presentar una propuesta de diseño de estructura de pavimento rígido, utilizando los métodos convencionales y considerando los parámetros clave de diseño. Estos incluyen el clima, las características y capacidad del suelo del área de estudio, así como las condiciones de tránsito en las vías del proyecto "MEJORAMIENTO Y ADECUACION DE LA RED VIAL Y URBANISMO EN EL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA", dentro del alcance definido anteriormente.

En este documento, se incluyen las investigaciones geotécnicas, análisis de capacidad de carga, tránsito de diseño y datos climáticos relevantes para el estudio y la futura construcción. Estos datos se obtuvieron de los diversos estudios que forman parte de la consultoría en desarrollo.

4.1 OBJETO DEL ESTUDIO

El objetivo específico de este estudio técnico es proponer un diseño para la estructura del pavimento, siguiendo los métodos de la PCA y el manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tráfico del INVIAS. Se pretende proporcionar las recomendaciones necesarias para lograr los objetivos del proyecto, mediante trabajos de campo como excavaciones, ensayos de laboratorio, topografía y análisis de datos de tráfico. Estos trabajos permitirán definir los perfiles estratigráficos del subsuelo y sus características físicas y mecánicas principales, así como el tráfico promedio diario, lo cual será fundamental para el diseño adecuado de la estructura del pavimento.

5. CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ÁREA EN ESTUDIO.

El clima del departamento de Arauca es cálido – semihumedo.

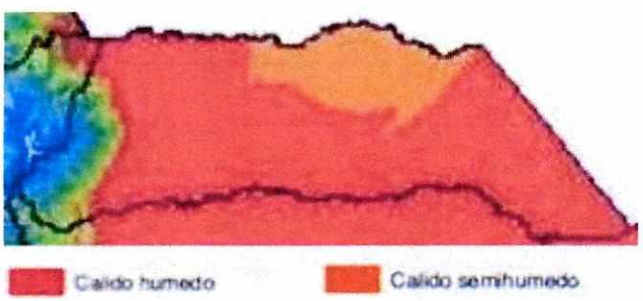


Imagen No. 3 – Clima De Arauca.
Fuente: IDEAM

El período de invierno es la estación lluviosa que se inicia generalmente en abril y se prolonga hasta mediados de octubre o noviembre. Los mayores volúmenes de precipitación ocurren entre mayo y agosto, lapso en que el volumen pluviométrico supera los trescientos (300) milímetros promedio por

mes y una buena parte de la sabana se inunda. (Aeronáutica Civil, Arauca. Informe de sistema biofísico, 2011).

El período seco tiene una duración de seis meses, entre noviembre y marzo. Durante esta época hay presencia de vientos alisios, y la escala de precipitaciones está por debajo de 31 mm. promedio por mes; para un promedio anual de 166.84 mm y un total por año que supera los 1.950 mm. En el período de verano el panorama sabanero se ve afectado considerablemente por la sequía.

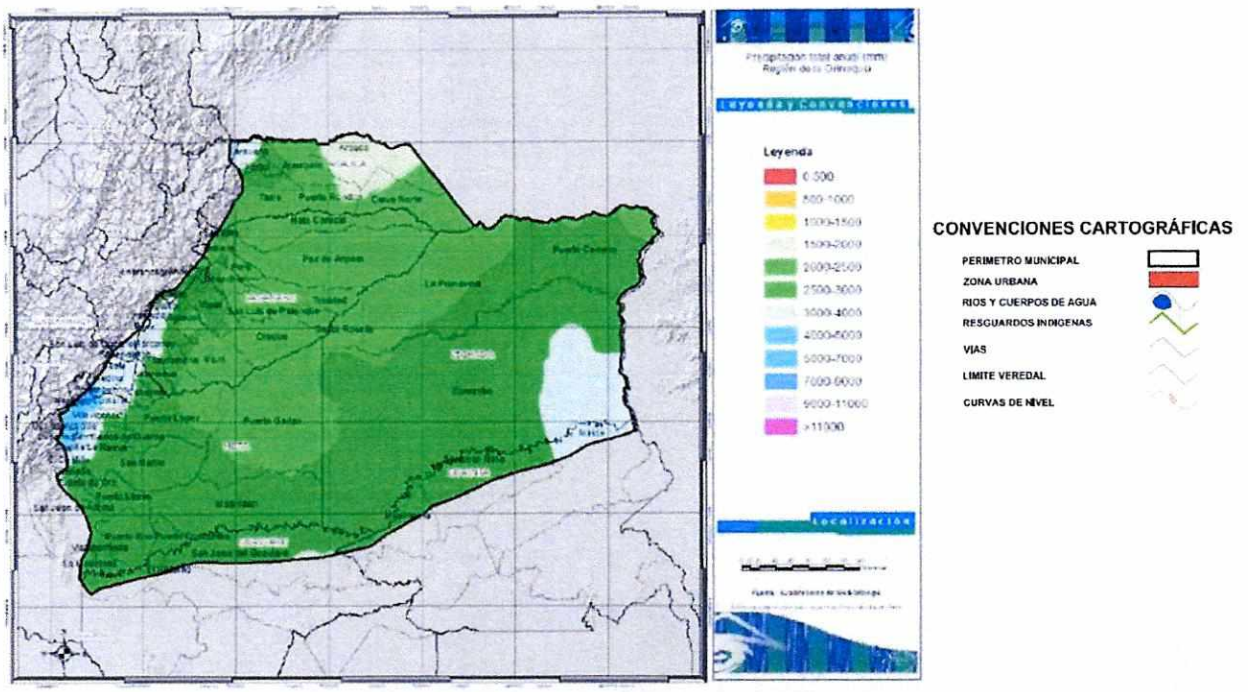


Imagen No. 4 – Precipitación Total Anual Región de la Orinoquia
Fuente: IDEAM

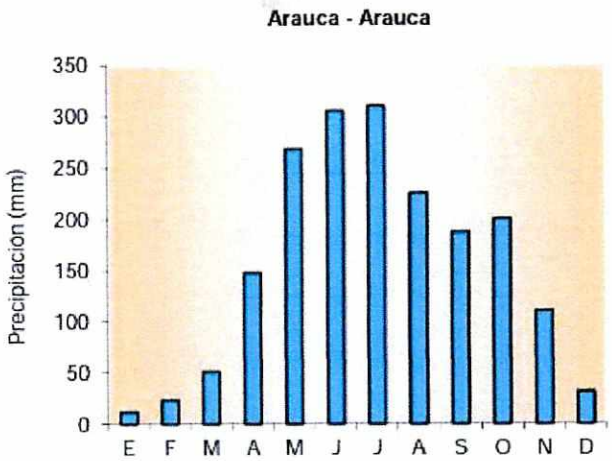


Imagen No. 5 – Precipitación Departamento de Arauca
Fuente: IDEAM

Arauca tiene una temperatura promedio anual de 27 °C y una humedad relativa de 77%. El departamento de Arauca recibe la influencia de los vientos alisios del noroeste y del sureste, provenientes de las zonas de altas presiones subtropicales del norte y sur respectivamente, que se dirigen a la zona de baja presión ecuatorial. En el verano se presentan vientos fuertes que podrían ser aprovechados para accionar molinos, extraer agua y producir energía.

6. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Corresponde al "MEJORAMIENTO Y ADECUACION DE LA RED VIAL Y URBANISMO EN EL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".

El proyecto consiste en mejorar las condiciones del terreno para poder construir una estructura pavimento.

La superficie del terreno por donde se construirá el pavimento es de topografía ondulada.

Las zonas adyacentes a la vía presentan ocupación por viviendas, comercios y zonas institucionales, ya que las vías se encuentran dentro del casco urbano del municipio de Tame, el PBOT clasifica el usos de suelo del sector como mixto.

7. INVESTIGACIONES REALIZADAS

7.1 GEOLOGÍA DE LA ZONA.

7.2 GENERALIDADES

La evolución estructural se inicia en el paleozoico, cuando por efecto de una tectónica distensiva se originan áreas bajas limitadas por fallas normales a todo lo largo de la margen occidental de lo que hoy es la cuenca de los Llanos Orientales, incluida la parte central de Arauca. En este contexto, se depositaron sedimentos paleozoicos directamente sobre el basamento ígneo- metamórfico del escudo de la Guyana (Ecopetrol & Beicip, 1995).

Para este mismo tiempo, el área Central del Casanare configuraba un alto de basamento con una delgada cubierta sedimentaria paleozoica (Ecopetrol & Beicip, 1994), Posteriormente, debido a un episodio compresivo, se presenta una inversión

tectónica que origina el levantamiento de la cuenca de los Llanos y da origen al plegamiento y fallamiento inverso y exhumación de la secuencia Paleozoica; este evento corresponde con la orogenia hercínica del Paleozoico Superior (Irving, 1971).

Durante parte del Cretáceo la Cuenca de los Llanos Orientales permaneció emergida y sólo desde el Albiano – Cenomaniano (Occidental, 1987), se registra la inmersión de la cuenca y el inicio de la depositación de sedimentitas, en principio de origen fluvial y posteriormente en respuesta a un aumento del nivel eustático del mar, se dio depositación marina.

Hacia finales del Mioceno, el proceso de deformación es menos intenso, no obstante, se hace evidente por la presencia limitada y sutil de estructuras relacionadas con la Orogenia Andina como fallas inversas que alcanzan los horizontes estratigráficos de la Formación León; se dio la reactivación de fallas normales, en la parte central de la cuenca (Ecopetrol & Beicip, 1995).

7.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL SUBSUELO

La Cuenca de los Llanos Orientales ha estado sometido por lo menos a dos episodios orogénicos desde el Paleozoico que dieron lugar a 2 unidades estructurales estructurales, la primera está relacionada con las formaciones paleozoicas de origen Hercínico, donde se evidencia una tectónica de inversión y la segunda en las formaciones meso-cenozoicas de origen andino donde predomina la inversión parcial de fallas normal (Ecopetrol & Beicip, 1995), que abarcan las provincias de Arauca y Casanare al norte, Meta al sur, Vichada al este y Piedemonte al oeste, el estilo de las provincias estructurales, en los Llanos Orientales está definido por características de la cobertera que involucra, paleozoica-mesocenozoica ó precámbrico-mesocenozoica.

7.4 ESTRATIGRAFIA

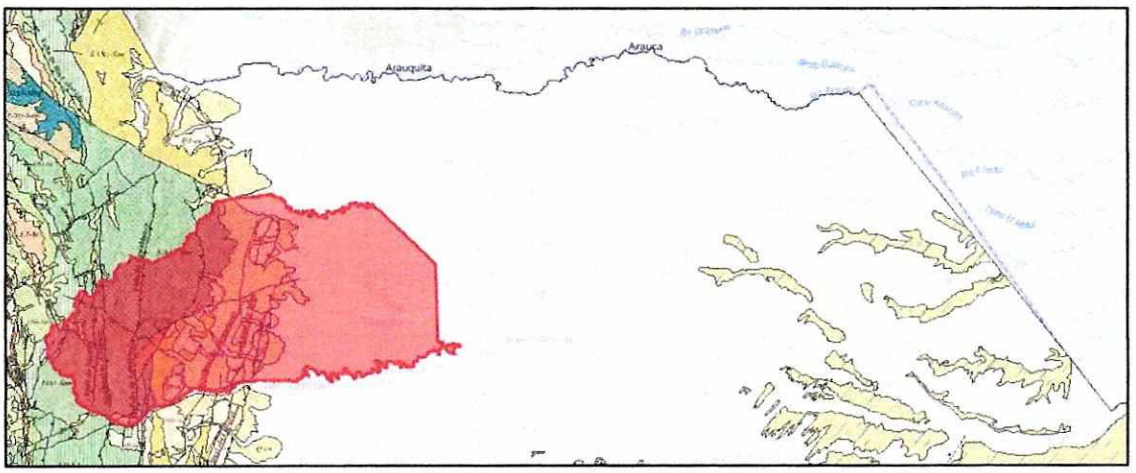


Imagen No. 6 - Mapa Geológico Colombia - 2023
Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

La provincia geológica de los Llanos Orientales corresponde a una cuenca de antepaís configurada en un zócalo de rocas cristalinas del Escudo Guyanés, sobre el cual reposa una sucesión espesa de sedimentitas del Paleozoico y Meso-Cenozoico. Estas sedimentitas constituyen las rocas generadoras y acumuladoras de hidrocarburos en campos como el de Caño Limón en el área de estudio Beicip (1995). Por otro lado, el basamento cristalino expuesto hacia la margen occidental del río Orinoco se profundiza en dirección este-oeste y sobre él, se acuñan progresivamente las secuencias sedimentarias del Meso-Cenozoico.

Las unidades aflorantes en la plancha 138-Tame corresponden exclusivamente a depósitos aluviales no consolidados de edad cuaternaria, los cuales por la superficialidad de sus afloramientos no permiten ver más allá de unos 4 a 6 m. de sucesión estratigráfica. No existe información geológica diferente a la generada por la exploración petrolera, además de que, para el caso de los depósitos no consolidados, ésta se omite por su baja relevancia y si se tiene en cuenta que los pozos exploratorios comienzan a reportar información solamente a partir de los 250 a 300 m., se asume cuaternaria.

5.3.1 Formación León

Corresponde a una asociación de facies definida por tres segmentos, uno hacia la base de dominio fundamentalmente arcilloso, otro en la parte media arenoso con limolitas y arcillolitas subordinadas y un último segmento en el tope de arcillolitas con limolitas y arenitas subordinadas. Esta formación debido a su carácter, opera como sello regional en gran parte de la cuenca de los Llanos, donde el horizonte almacenador de hidrocarburos corresponde a uno de los niveles arenosos de la Formación Carbonera.

Las arcillolitas son de color gris verdoso, con estratificación interna delgada a muy delgada, carbonosas y con trazas de sulfuros. Las limolitas son ferruginosas y gradan a arenitas de grano muy

fino. Las arenitas son cuarzosas de grano fino a muy grueso, subangulares a subredondeados, pobremente seleccionadas (Ecopetrol, 1987).

El espesor de la unidad disminuye en sentido sur-norte y occidente- oriente desde 400 m. en el pozo Chambery-1 a 220 m en Centellas-1 y 2467 m. en Chiguiro-1. La edad de esta formación es de Oligoceno- Mioceno temprano (Occidental, 1987).

5.3.2 Formación Guayabo

Esta Formación consiste principalmente de arenitas intercaladas algunas veces con arenitas conglomeráticas, arcillolitas y limolitas depositadas en el Plioceno. Las arenitas son blancas, de grano grueso a muy grueso, subangulares a subredondeados, pobremente seleccionadas. Las arcillolitas son blancas, gris claro, ocasionalmente limosas y arenosas. Las limolitas son predominantemente de color café rojizo, inclusiones de carbón y localmente arenosas.

Esta formación es de ambiente continental fundamentalmente fluvial, desde corrientes de baja sinuosidad a meandricas y anastomosadas. Predominan las facies arenosas. El espesor de la unidad varía considerablemente. Hacia el occidente en inmediaciones a la Cordillera Oriental, en los pozos Chambery-1 y Centellas-1 es próximo a los 2300m, mientras que al este es en la plancha 125 es de 924 m en el pozo Chiguiro-1.

7.5 UNIDADES GEOLÓGICAS CUATERNARIAS

La Plancha 138-Tame está cubierta en su totalidad por depósitos cuaternarios no consolidados de origen aluvial en facies de ríos meándricos. La baja incisión de los cauces principales y secundarios, unida a la horizontalidad de la secuencia aluvial, no permiten conocer sino unos pocos metros de la Holoceno.

Los depósitos superficiales que se diferenciaron en el área son: Depósitos Aluviales en Planicies Extensas (Qa), Depósitos Aluviales en Llanuras Inundables Asociados a Material Orgánico (Qaa), Depósitos Aluviales en Llanuras Inundables (Qall) y Depósitos de Orillares (Qao).

5.4.1 Depósitos Aluviales en Planicies Extensas (Qa)

Estos depósitos aluviales forman una llanura homogénea, casi completamente plana, con mínimas manifestaciones de relieve interno y una incisión muy baja de los cauces, menor de 5 m en los ríos principales y de 3m, en los caños más importantes. La distribución de esta unidad es amplia en la parte occidental y limitada en pequeñas franjas alargadas en el sector oriental de la plancha y se encuentra en la mayoría de los cuadrantes (A-1 a A-11, B- 1 a B-12, C-1 a C-12, D-1 a D-11, E-1 a E-12, F-1 a F-12, G-1 a G-10, H4 y H7).

- **Características generales**

Esta unidad configura una terraza hasta de 5 metros sobre el nivel de los drenajes

principales, comúnmente no inundable y sólo por sectores encharcable (Figura 18). Está conformada por sedimentos finos, en lo fundamental arcillas, limos y arenas muy finas a finas, sobre las que se desarrolla un horizonte A de suelo orgánico inmaduro de 0.2 a 0.5 m. de espesor. En la zona de estudio, donde se presentan estos depósitos se caracterizan por la presencia de vegetación de altura, pero debido a la intensa tala del bosque natural, éstos se han reducido a zonas boscosas aisladas y ocasionales relictos de morichales.

- **Descripción litológica**

La planicie exhibe un relieve ondulado con diferencias de altura de sólo unos pocos metros, con zonas bajas de sustratos arcillosos (inundadas en épocas invernales) y

presencia de pastos altos y por otro lado están las zonas altas (bancos o diques), que están conformadas por arenas o lodos, sobre ellos se desarrolla una cobertura de pastos y rastrojos bajos.

En la vía Santo Domingo – Pueblo Nuevo, la morfología es de llanura con leves ondulaciones debido a abundantes sectores bajos inundables y relictos de diques de desborde que se asocian a vegetación de altura. El depósito original u Horizonte C, se compone hacia la base por un nivel de 0.7 m. de espesor, de arena muy fina, de cuarzo a sublítica, con matriz de arcilla (10%), mal seleccionada, de color amarillo verdoso (10Y/7/4), con manchas rojizas de oxidación; sobre este nivel se presenta un horizonte A, inmaduro y bajo en materia orgánica de limos con cantidades menores de arenas (hasta 15%), de color pardo oliva (5Y 4/4), de 0,3 m. de espesor.

En la vereda Botalón (C3), la unidad presenta una morfología plana con ondulaciones muy leves y algunas zonas encharcables. El horizonte C o depósito, está conformado por un nivel de arcillas, muy homogéneo que supera el metro de espesor, de color pardo claro (5YR 5/6); sobre el cual se observa un horizonte A de suelo arenoso con cantidades importantes de arcilla, hasta 30%. La arena es de tamaño fino a medio, de cuarzo (90%) y líticos (10%), subangulares, de color pardo amarillento oscuro (10YR 4/2); este nivel presenta bajos porcentajes de materia orgánica, lo que puede interpretarse como un aporte aluvial relativamente rápido y lavado reciente de la materia orgánica del Horizonte A.

- **Ambiente de depósito**

El origen de estos depósitos se da en un ambiente fluvial meándrico como consecuencia de los intensos procesos de denudación de la Cordillera Oriental y a los aportes por la acción dinámica fluvial del piedemonte Llanero (Khobzi, 1980). Estos eventos dieron lugar a grandes abanicos como los de Yopal y Tame, donde el Qa parece representar la parte más distal en este ambiente cuando los ríos inician sus facies meándricas.

5.4.2 Depósitos Aluviales en Llanuras Inundables asociadas a Material Orgánico (Qaa)

Fisiográficamente, conforman un paisaje plano, ubicado entre los 140 y los 180 m.s.n.m., caracterizado por la presencia de áreas inundables o bajos, que se pueden relacionar lateralmente con humedales y en menor proporción por bancos (zonas ligeramente más altas) no inundables. Comúnmente los

depósitos que conforman los bancos son limo-arenosos, mientras que los que constituyen los bajos tienen composición arcillosa.

Se presenta en gran parte de la plancha, conformando zonas muy amplias en la parte sur o como cuerpos aislados en especial en la parte central del área (A1 a A4, A6 a A12, B7, B9 a B12, C7 a C12, D3, D5, D7, D9 a D12, E5 a E11, F1 a F12, G1 a G12 y H1 a H12).

- **Características generales**

En general la unidad está constituida por sedimentos aluviales de desborde con evidente presencia de procesos de decantación de finos en las zonas bajas, donde la fluctuación lenta y periódica de las aguas inhibe el desarrollo de vegetación de altura tal como se aprecia en la figura 21, lo cual favorece el desarrollo local de suelos orgánicos. El nivel freático en estos depósitos es muy alto lo que dificulta la observación y descripción del horizonte C donde se observan arenas y limos bien seleccionados y poco cohesivos. De igual forma, las zonas más altas desarrollan una vegetación arbórea densa, donde normalmente el depósito muestra una tendencia a ser arenoso y el contenido de materia orgánica del horizonte A disminuye.

Por su carácter más pantanoso se observa en ella una menor cantidad de viviendas rurales que en la llanura aluvial ya descrita, asentadas preferencialmente en sus bordes o en pequeños "islotes" arenosos que resaltan en las aerofotografías por tonos de gris más claro. El drenaje en ella es casi nulo y se reduce a algunos cauces, en su mayoría intermitentes que casi siempre terminan en las zonas de Humedal.

La unidad está conformada por sedimentos finos desde arcillas hasta arenas muy finas, las primeras depositadas en aguas estancadas (charcas), siendo estas las que originan los horizontes A orgánicos, inmaduros, con espesores hasta de 0,4 m. Las arenas muy finas se depositaron inicialmente como facies de desborde y con posteridad el conjunto ha sido homogenizado superficialmente por depósitos de inundación.

- **Descripción Litológica**

De acuerdo con las diferentes estaciones descritas dentro de esta unidad, no se encontró una secuencia especifica que indique un patrón de texturas constante, es decir, las capas de arcilla no siempre están al tope de la sucesión por debajo del horizonte A, sino que se también se encuentran capas de limos o arenas.

Los Depósitos Aluviales en Llanuras Inundables Asociadas a Material Orgánico conforman un horizonte C o depósito que se compone de arenas con matriz de limo y localmente limos y arcillas, dispuestas en capas medias a gruesas, con geometría plano paralelo discontinua, con laminación muy fina a fina. Las arenas son de grano muy fino a medio, de color naranja amarillo oscuro (10YR 6/6), cuarzosas, con menos 3% de líticos (chert); los limos alcanzan hasta el 30%, y el conjunto toma un color naranja grisáceo (10YR 7/4). Las capas limosas y arcillosas muestran colores variables entre naranja grisáceo y naranja pálido (10YR 7/4 y 10YR 8/2); el horizonte A, de alto contenido de materia orgánica, se compone de arcillas y limos de color gris oscuro (N6), en partes abigarrados con manchas

de color ocre, raíces y tallos vivos, la laminación original se encuentra parcialmente borrada por bioturbación.

- **Ambiente de Depósito.**

Los Depósitos Aluviales en Llanuras Inundables Asociadas a Material Orgánico corresponden en su parte basal de arenas y limos a un ambiente de depositación de río meándrico en zonas de diques de desborde, mientras que el horizonte A del suelo pertenece a un ambiente de llanura inundable de aguas estancadas que avanzan y retroceden lentamente de manera cíclica durante los periodos de invierno y verano, evidenciado por las manchas de óxidos de hierro. La mayoría de las zonas pantanosas corresponden a pequeñas cuencas cerradas que carecen de redes de drenaje integrado. Su edad es intermedia entre los depósitos de Qa y los de Qall, aunque en la actualidad se depositan sedimentos en los episodios de inundación.

5.4.3 Depósitos de Llanuras de Inundación (Qall)

Esta unidad se define como depósitos recientes adyacentes a los ríos y caños principales, asociados con su dinámica meándrica. Se precisa que esta unidad puede tener un carácter pantanoso o también conformar diques que resaltan ligeramente del nivel de inundación, formando altos (secos) donde se asientan algunas viviendas rurales o caseríos. La distribución de estos depósitos está restringida a franjas alargadas a lo largo de los ríos Cravo Norte, Ele, Caranal y los caños La Arenosa y El Curivo (A1 a A4, B3, C1 a C4, E1, F1 y F2, G2 y H2 y H3).

- **Características generales**

Los Depósitos de Llanura de Inundación se definen como acumulaciones propias de las márgenes de un cauce meándrico, presentan formas alargadas, paralelas a los cauces actuales o a otros ya colmatados como en el caso del caño La Arenosa al norte del caserío La Arabia (C-5), con geoformas locales como meandros abandonados, diques de desborde y áreas planas que corresponden a terrazas

Este depósito es difícil de diferenciar en campo con respecto a la terraza formada por los depósitos Aluviales en Planicies Extensas (Qa), excepto por horizonte A de suelo en ésta última.

Los Depósitos de Llanura de Inundación están constituidos por sedimentos de acumulación reciente, constan esencialmente arenas bien gradadas, subangulares, en estratos gruesos de tamaño fino; también se observan limos y arcillas, con laminación interna fina, inclinada discontinua, en partes bioturbada. Las arenas son de grano fino y en menor proporción grueso, la composición es cuarzosa, así como por arcillas compactas depositadas en ambientes lagunares–pantanosos, esta unidad se caracteriza por la ausencia del horizonte A.

- **Descripción Litológica**

Los Depósitos de Llanuras de Inundación están constituidos por terrazas bajas de 1 a 3 metros de altura sobre el nivel medio del río. En la margen norte del Río Caranal, el depósito ó horizonte C, está

conformado de base a techo por una capa horizontal de aproximadamente 0,3 m. de espesor, compuesta por arena cuarzosa, de grano fino, bien seleccionada, de color (10Y 6/2). Sobre este depósito y en contacto transicional se observa una capa compuesta por lodos de color amarillo (5Y 6/4), con manchas de óxidos de hierro, de espesor variable entre 0,4 y 0,7 m.), los horizontes A y B están ausentes.

Sobre el río Ele, se observó una terraza de 1,6 m., constituida por capas arenas no consolidadas y arcillas. De base a techo el horizonte C se conforma de: una capa horizontal, compuesta por arcillas de la cual solo son visibles los 20 cm. superiores, de color gris claro (N7), sobre este nivel y en contacto transicional se observa una capa con geometría plano- paralela discontinua de 80 cm. de espesor, compuesta por arenas bien seleccionadas, de grano fino, esporádicamente de grano medio, de cuarzo (90%), líticos (8%) y óxidos (2%) de color gris amarillento (5Y 8/1). Los 60 cm. superiores lo conforma una capa horizontal, con geometría tabular, compuesta por arenas finas de cuarzo (80%), sublíticas (15%) y matriz limosa (5%), de color gris verdoso (5GY 6/1)

- **Ambientes de depósito**

Los Depósitos de Llanuras de Inundación de la Plancha 138 son típicos de un ambiente fluvial meándrico en las facies más cercanas al canal formados por episodios sucesivos de inundaciones o migración de los meandros. En las dos localidades con mejores afloramientos la sucesión se presenta granodecreciente a nivel de afloramiento, lo que indica tal vez una disminución en el régimen pluvial, lo que incide directamente en un menor tamaño de grano. La ausencia del horizonte A en los afloramientos más representativos de la unidad evidencia su depositación reciente, tal vez del orden de decenas a centenares de años; en algunos casos, los horizontes A pueden revelar edades de depositación varios miles de años.

5.4.4 Depósitos de Orillares (Qao)

Esta unidad se encuentra localizada en las riberas de los ríos Caranal y Ele y en el caño La Arenosa (A1, A2, A7, A8, B3 a B7, B9, C1 a C5 y D4) y corresponde a una geoforma cóncavo-convexa, alargada, concéntrica con una marcada alineación de la vegetación, compuesta normalmente por arenas.

- **Características generales**

Los Depósitos de Orillares constituyen fisiográficamente un paisaje plano a manera de una terraza, de menos de 1.2 metros de altura con respecto al nivel medio del agua. Se trata de una terraza inundable, caracterizada además por la presencia de vegetación baja que sigue las líneas concéntricas de crecimiento de la geoforma. En su parte más próxima al cauce no presenta ninguna vegetación como resultado de su depositación reciente.

- **Descripción Litológica**

En la vereda Botalón, sobre el río Ele, (C4) se presenta un depósito que conforma una terraza baja, de aproximadamente de 1,5 m. sobre el nivel medio del río, en el que se destaca un horizonte C

compuesto en la base por capas gruesas no consolidadas con geometría curvada no paralela y laminación interna fina, de arenas de grano fino a medio con matriz de limo (menos del 15%), de color pardo (5YR 5/6) y (10R 6/6), sub angular, al

Sobre el río Ele, al norte de Pueblo Nuevo, la perforación con barreno permitió observar un depósito más fino, en este caso lodo con intercalaciones delgadas, centimétricas de arena y arcilla. La arena es de cuarzo, con tamaño de grano muy fino, el depósito es de color amarillo fuerte (5Y6/4), intercalado con los lodos se observa una capa delgada compuesta por arcilla de color gris claro (N7), abigarrada con colores pardos. En este sitio se encuentra un Horizonte A orgánico de 0.1 m. de espesor color gris oliva claro (5Y5/2).

- **Ambiente de Depósito.**

Los Depósitos de Orillares presentan geoformas de crecimiento sucesivas en medialuna, a escala de decenas de metros características de ellos, formados por depositación reciente, se localizan en la llanura de inundación, originados en zonas convexas y de baja energía de los meandros. Cambios posteriores en la dirección de la corriente del río, producen ocasionalmente erosión de los depósitos preexistentes, truncando las geoformas semicirculares.

7.5.1 Geomorfología.

Geomorfológicamente, el Departamento de Arauca puede dividirse en tres sectores: un sector occidental montañoso, el sector de piedemonte y el sector de llanura (Imagen No 7)

El sector occidental, el cual hace parte del sistema montañoso de la Cordillera Oriental, se caracteriza por presentar rocas sedimentarias de origen marino y continental con edades que van desde el Paleozoico al Neógeno. Este sector posee un rango de alturas que van desde los 1.000 msnm hasta los 4.000 msnm.

El sector del piedemonte, comprendido entre la Falla de Guaicáramo y la Falla Frontal de Borde Llanero, está constituido por rocas de edad Neógena, terrazas altas y abanicos aluviales, con alturas entre 200 msnm y 1.000 msnm.; y finalmente, el sector de llanura, que conforma cerca del 85% del área total del departamento, se extiende hasta el límite con Venezuela; está integrado por depósitos fluviales recientes y presenta elevaciones menores a los 200 msnm.

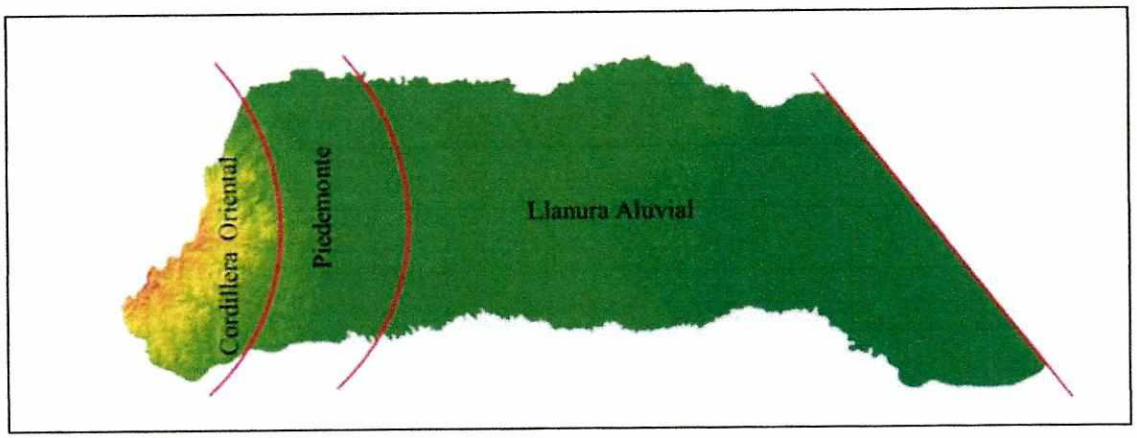


Imagen No. 7 - Polígonos morfológicos del Departamento de Arauca.
Fuente: Ingeominas. Mapa geológico generalizado del Departamento de Arauca.

7.5.2 Amenazas por sismicidad.

Varios trabajos han sido publicados sobre la gran actividad neotectónica a lo largo del sistema de Falla Frontal del Borde llanero (Paris & Sarria, 1988; Robertson, 1989) que se extiende hasta Los Andes venezolanos (Soulas, 1981). Entre los municipios de Paz de Ariporo (Casanare) y Tame (Arauca) se reporta fallamiento entre depósitos de gravas cuaternarios con algunas terrazas sobrepuestas, basculadas, originadas por varias pulsaciones de la Falla Frontal, las cuales se manifiestan en los depósitos de los ríos Casanare y Tame, donde existen numerosos niveles de terrazas escalonadas. Plegamientos dentro de depósitos aluviales, que forman anticlinales y sinclinales muy amplios, se presentan entre Hato Corozal y Tame.

No obstante, lo anterior, en el Departamento de Arauca, en los últimos años, no se han presentado fenómenos telúricos importantes y sólo en 1996 se registraron dos sismos, el primero de los cuales tuvo una magnitud de 2,9 en la localidad de Los Chorros (enero 10) y el segundo registrado en marzo 25 en el Municipio de Tame, cuya magnitud fue de 3,5 (INGEOMINAS, 1996).

En la Imagen No 8 se presenta un esquema cualitativo de la amenaza por sismicidad en el departamento.

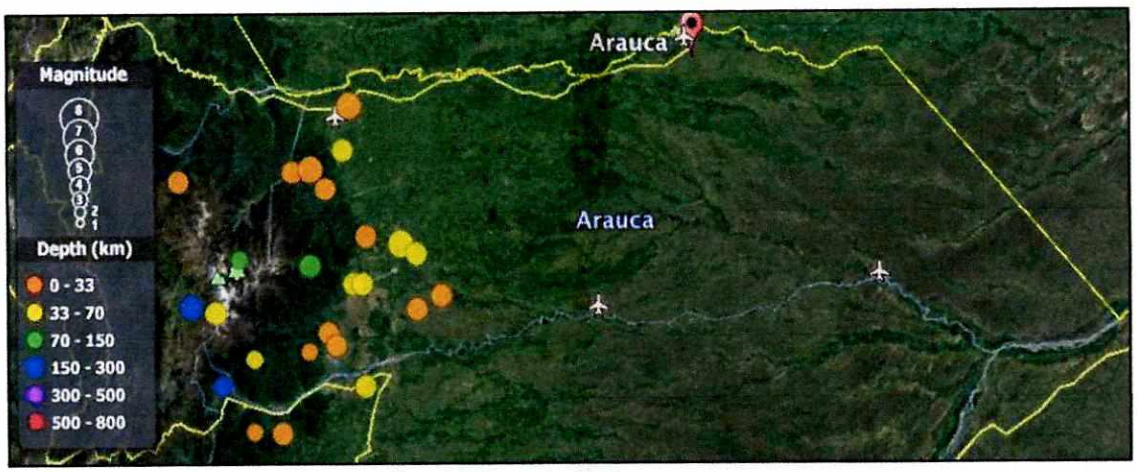


Imagen No. 8 Mapa de sismos que ocurridos en el Departamento de Arauca.
Fuente: http://earthquake.usgs.gov

7.5.3 Amenazas por inundaciones.

En épocas lluviosas, en el Departamento de Arauca, se presentan frecuentes tempestades e inundaciones relacionadas con los ríos Casanare y Arauca, principalmente, y a quebradas como La Calafita. Las ciudades más afectadas son Arauca, Puerto Rondón, Arauquita y Saravena. Estos datos permiten asumir dos áreas que presentan amenazas potenciales por inundaciones, en especial en lluviosas (Imagen No 6). Hacia el piedemonte, las lluvias ocasionan deslizamientos importantes, especialmente cerca al Municipio de Saravena.

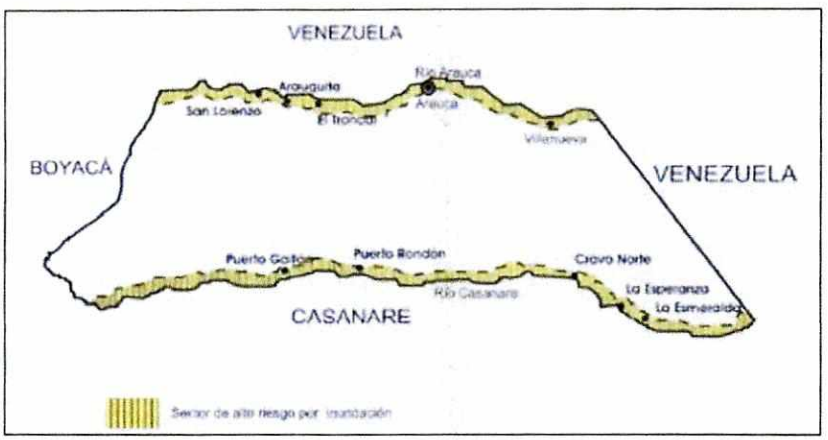


Imagen No. 9 - Mapa de amenazas por inundación del Departamento de Arauca.
Fuente: Ingeominas. Mapa geológico generalizado del Departamento de Arauca.

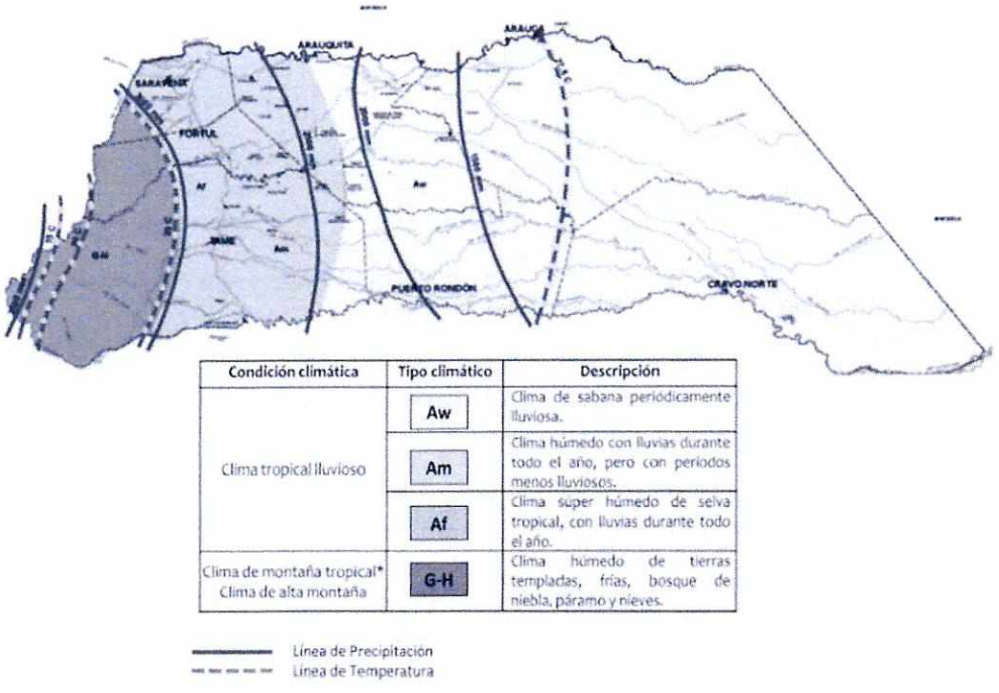
7.5.4 Reconocimiento de Campo

El área del proyecto presenta una geomorfología plana, sin terrazas o desniveles que indiquen la presencia de taludes o zonas de posible inestabilidad. No se evidencio procesos de erosión en los materiales superficiales.

7.5.5 Características Ambientales

7.5.5.1 Clima.

El clima del municipio de Tame, es tropical-lluvioso y tiene una subclasificación: Am, clima húmedo con lluvias durante todo el año, pero con periodos menos lluviosos.



Condición climática	Tipo climático	Descripción
Clima tropical lluvioso	Aw	Clima de sabana periódicamente lluviosa.
	Am	Clima húmedo con lluvias durante todo el año, pero con periodos menos lluviosos.
	Af	Clima super húmedo de selva tropical, con lluvias durante todo el año.
Clima de montaña tropical* Clima de alta montaña	G-H	Clima húmedo de tierras templadas, frías, bosque de niebla, páramo y nieves.

Línea de Precipitación
Línea de Temperatura

Imagen No. 10 - Clasificación del Clima del Departamento de Arauca.
Fuente: IGAC (2006)

El promedio de lluvia total anual esta entre los 2000 y 4000 mm. Durante el año, presenta una temporada seca y una temporada de lluvias. El comportamiento o régimen de la precipitación en el municipio es del tipo Monomodal, la temporada seca se extiende de diciembre a marzo. En estos meses llueve entre 0 y 5 día al mes. De mayo a octubre se presenta la temporada de mayores lluvias; la frecuencia de días lluviosos en estos meses es de 18 a 21. Los meses de abril y noviembre pueden considerarse de transición y en promedio registran alrededor de 8-10 días con lluvia por mes; Entre

los meses de abril a noviembre se presenta exceso de agua en su balance hídrico, encontrando grandes volúmenes anegando zonas bajas e infiltrando el suelo.

Con variaciones mínimas, la temperatura de la zona es uniforme y recibe el calificativo de caliente, entre los 25° y 30° C. Los aumentos de la temperatura se dan al finalizar la estación seca, y los descensos mínimos, a la terminación del periodo de lluvia.; La humedad relativa del aire oscila durante el año entre 65 y 85%, siendo la temporada seca entre noviembre y marzo y la lluviosa desde abril hasta octubre.

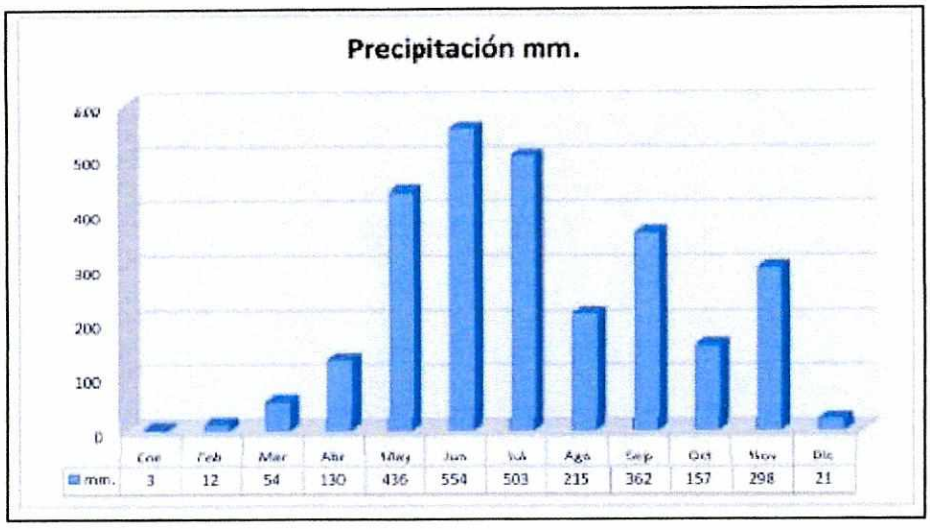


Imagen No. 11 Precipitación Municipio de Tame.
Fuente: INGEOMINAS.

7.5.6 Hidrografía.

Todo el sistema hidrográfico del departamento corre hacia el oriente para tributar sus aguas al río Orinoco a través de los ríos Arauca, Casanare, Meta y Cinaruco. Otros ríos importantes que descienden de la cordillera y bañan las tierras de Arauca son el Banadía, Bojabá, Capanaparo, Casanare, Cravo Norte, Cuiloto, Cusay, Ele, Lipa, Mundo Nuevo, Negro, Satoca, Tame y Tocancías.

También hay numerosos caños y quebradas que cruzan el territorio en todas las direcciones, y dificultan el transporte terrestre en épocas de lluvias, pero que desaparecen en su mayor parte en la estación seca.

7.6 GEOTECNIA.

El aspecto relacionado con la geotecnia, se asocia a la estabilidad del área por donde pasan las vías 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 geotecnias (fisico 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 llevado a cabo previamente.

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

7.6.1 Investigación del Subsuelo

7.6.1.1 Exploración del Subsuelo

La exploración del subsuelo se define como la actividad dentro de la práctica de la ingeniería geotécnica, que busca establecer las características de disposición espacial y propiedades físicas de un medio geológico que tienen influencia en la respuesta de éste a las solicitaciones planteadas por un proyecto específico en sus diferentes instancias de desarrollo: diseño, construcción y operación. Para el cumplimiento de esta definición es posible la realización de diferentes actividades de exploración entre las que se cuentan los apiques y los sondeos, complementados con las labores de correlación geomorfológica realizada a través de las visitas de campo.

Los objetivos específicos que comprende un programa de exploración del subsuelo son:

- Evaluar la viabilidad general del sitio propuesto para el proyecto.
- Fundamentar las bases de un diseño económico y adecuado.
- Describir de manera detallada los diferentes estratos geológicos que conforman la rasante del proyecto.
- Observar y analizar las dificultades que pueden surgir durante la construcción debido al terreno o a otra condición local.

Para el caso que ocupa al presente informe se tuvo en cuenta en primera instancia para la Infraestructura vial y el Urbanismo excavación de apiques para recuperar muestras en condición inalterada. Las labores de perforación involucraron la realización de 2 apiques por cada cuadra analizada para un total de 80 apiques, llegando a una profundidad promedio de 1.5 m. La cantidad de perforaciones y su profundidad se basa en criterios mínimos definidos en la Normativa INVIAS y del criterio propio del consultor.

En segunda instancia y teniendo en cuenta las recomendaciones y sugerencias del estudio de drenaje del proyecto, se deben realizar sondeos con equipo de perforación a percusión, con la intención de lograr obtener muestras para el posterior análisis a la profundidad de cimentación requerida para la infraestructura de drenaje a plantearse, las cuales en sectores se espera sean mayores a una profundidad de 2.0 m, para lo cual se hicieron tres sondeos a percusión (spt) con recuperación de muestras.

7.6.1.2 Metodología

a) Traslado al sitio: El personal y equipo se trasladó al terreno ubicado en el Municipio de Tame para desarrollar esta actividad.

b) Perforación: Se realizan dos perforaciones por el método de percusión y calicata o apique a cielo abierto, se hizo la extracción de los diferentes núcleos del material. Las perforaciones se ubicaron estratégicamente dentro del terreno.

c) El número y espaciamiento de las exploraciones en el subsuelo fueron determinados, conforme a las características propias del lugar y las posibles cargas transmitidas por la estructura al suelo.

d) La profundidad de los sondeos se estimó a partir de las condiciones del terreno detectadas durante el proceso de perforación.

e) Análisis de la estratigrafía presentada: A medida que se extraen las diferentes muestras de material, el Laboratorista se encarga de hacer la respectiva estratigrafía, analizando color textura y consistencia del material, al igual que el nivel freático.

f) Toma de muestras: De acuerdo con los parámetros anteriormente mencionados se recogen las muestras para hacer los diferentes ensayos y se tiene el mayor cuidado durante el almacenamiento y transporte de las muestras que se deban realizar los ensayos de resistencia (CBR, corte directo, compresión inconfinada, triaxial, etc.).

g) Ensayos de laboratorio: Mediante los diferentes equipos de laboratorio y las muestra tomadas en campo se realizan los ensayos de Clasificación del suelo (Granulometrías, límites de consistencia), humedad, pesos Unitarios.

h) Digitalización de la información arrojada por los ensayos de laboratorio: La información anteriormente conseguida con los equipos de laboratorio es digitalizada y consecutivamente graficada con el fin de hacer los respectivos análisis.

i) Informe técnico: Conseguidos los anteriores parámetros, logramos desarrollar las bases para hacer el informe técnico que nos dará el mayor soporte del estudio.

7.6.1.3 Apiques

Los apiques consisten en excavaciones de 0.4mx0.4m, de profundidades de 1.50, los cuales se ejecutan con herramientas manuales sobre el área destinada como uso vial y/o uso peatonal.

7.6.1.3.1 Procedimiento de ejecución de los apiques

- La actividad inicia con la identificación de la localización del apique, referenciando con GPS la ubicación del apique.
- Medición del área a excavar por medio de un flexómetro.

- Extracción de la capa vegetal (cuando es terreno natural) o de la carpeta asfáltica o en concreto (cuando es vía existente), mediante barras, picas o martillo neumático.
- Realización de una descripción general de la capa vegetal o carpeta asfáltica o en concreto en el formato de registro de apiques.
- Excavación con palas, picas y ahoyador, hasta una profundidad de 1.50m verificando con flexómetro y tomando las precauciones necesarias para evitar el desprendimiento de material de las paredes que pueda afectar la seguridad del trabajador o contaminar la muestra que se espera obtener, así como el daño de tubería de gas o de agua.
- Realización del análisis visual del suelo perforado, diligenciando el registro de campo, y anotando las características a las profundidades en las cuales se observen cambios en el tipo de material.
- Recuperación de muestras representativas para caracterización en laboratorio.
- Extracción de la muestra del material natural de subrasante, con molde de CBR, aplicando presión para penetrar el molde, posteriormente se enrasa la muestra para obtener una superficie relativamente lisa. Si debido a la dureza del material natural, no es posible obtener muestras con el molde de CBR, se deben tomar muestras en lonas.
- En todas las capas en las cuales se toman muestras en lonas, se realiza el ensayo de densidad de campo por el método del cono y arena.
- Para poder restaurar el terreno se completa el volumen faltante con material similar al extraído.
- Para la descripción, identificación y rotulación de la muestra se da cumplimiento al protocolo de conservación y transporte de muestras, el cual se describe en el siguiente numeral.

7.6.1.3.2 Protocolo de manejo, transporte, ensayo, transporte y conservación de muestras

Durante la realización de los apiques, se toma una muestra en cada cambio de material, posteriormente, se rotulan de acuerdo a los puntos mencionado a continuación. Las muestras se empacan y se colocan en cajas con los nombres del proyecto y en las cuales se indica el nombre del apique. Las cajas son puestas en un vehículo aprobado previamente por interventoría, en el cual también se transportan las herramientas necesarias para la realización de los apiques.

Una vez ha finalizado la ejecución del apique, se procede al transporte de estas en el vehículo y se llevan hacia el laboratorio en donde se reciben y se conservan para realizarse los ensayos de laboratorio solicitados.

- Tipo: limo, arcilla, arena, grava, carpeta asfáltica, concreto, capa vegetal u otro.

- Color: se describe el color de la muestra.

- Tamaño: se describe entre fino, grueso o medio.

- Humedad: se describe entre seca, húmeda o saturada.

- Consistencia: se describe entre blanda, firme o dura.

- Para la Identificación y rotulación: Cada costal se marca con número de código del proyecto, ubicación (coordenadas), No. de apique y descripción general de muestra.

En la Tabla 3 se presentan las profundidades de las perforaciones finalmente ejecutadas y su ubicación geográfica. En la Imagen No.12, se muestran la ubicación de las perforaciones ejecutadas.

7.6.1.4 Localización

Se realizaron 11 apiques en las vías a intervenir y se ubicaron de tal forma que se pudiera conocer de la mejor manera posible el perfil estratigráfico y en especial las características físicas mecánicas del suelo, paralelamente al muestreo se realizó el registro de muestras recogidas de cada apique, anotando las principales características del suelo, tales como espesor, humedad, plasticidad, etc., lo cual permite estimar las condiciones de resistencia.

En la siguiente tabla se muestra un listado con coordenadas de cada uno de los apiques realizados y en la Imagen No 12 se muestra una localización detallada de estos

Tabla 3 – Localización y profundidad de los Apiques.

APIQUE	MUESTRAS	DIRECCIÓN	COORDENADAS	PROFUNDIDAD
A-01	M1	Calle 15 entre Carreras 23 y 22	6°27´28,84´´	0,35
	M2		71°44'18,90"	1,50
A-02	M1	Calle 15 entre Carreras 22 y 21	6°27´31,213´´	0,40
	M2		71°44'14,881"	1,50
A-03	M1	Calle 15 entre Carreras 21 y 20	6°27´32,967´´	0,35
	M2		71°44'11,94"	1,50
A-04	M1	Calle 15 entre Carreras 20 y 19	6°27´30,078´´	0,35
	M2		71°44'10,111"	1,30
	M3			1,50
A-05	M1	Calle 15 entre Carreras 19 y 18	6°27´30,026´´	0,25
	M2		71°44'4,885"	0,80
	M3			1,50
A-06	M1	Calle 15 entre Carreras 18 y 19	6°27´38,165´´	0,25
	M2		71°44'3,068"	1,40
	M3			1,50
A-07	M1	Calle 15 entre Carreras 17 y 16	6°27´39,668´´	0,35
	M2		71°44'0,459"	1,50
A-08	M1	Calle 15 entre Carreras 16 y 15	6°27´40,757´´	0,30
	M2		71°44'58,315"	1,50
A-09	M1	Calle 15 entre Carreras 15 y 14	6°27´43,566´´	0,40
	M2		71°43'57,711"	1,50
A-10	M1	Carrera 14 entre Calles 14 y 15	6°27´43,428´´	0,40
	M2		71°43'52,689"	1,50
A-11	M1	Carrera 15 entre Calles 14 y 15	6°27´39,672´´	0,30
	M2		71°43'54101"	0,35

Fuente: Equipo consultor.



Imagen No. 12 Localización de los apiques.
Fuente: Google Earth editado por equipo consultor.

7.6.1.5 Ensayos De Laboratorio

Con el fin de establecer las propiedades geomecánicas de los materiales representativos del perfil del suelo, se llevó a cabo un programa de ensayos de laboratorio sobre muestras obtenidas en el trabajo de exploración. Estos ensayos se realizaron teniendo en cuenta los fines específicos de este estudio. Por medio de los ensayos de laboratorio pertinentes para cada caso, se establecieron características particulares de clasificación y se calcularon parámetros de resistencia.

De las exploraciones efectuadas se tomaron muestras para realizar los siguientes ensayos de laboratorio:

- Contenido de humedad.
- Granulometría.
- Límites de consistencia
- CBR

La exploración de campo y los ensayos de laboratorio se realizaron con el propósito de determinar las características y propiedades de los suelos que componen la zona de fundación de la obra mencionada.

La cantidad de ensayos ejecutados se relaciona en la Tabla 4.

Tabla 4 – Cantidad total de ensayos ejecutados en campo y laboratorio.

Ensayo	Cantidad	Norma
Ensayos de Laboratorio		
Contenido de humedad.	24	INV E-122-13
Granulometría.	36	INV E-213-13
Limites	2	INV E-125-13
CBR (Inalterado y Sumergido)	11	INV E-148-13

Fuente: Equipo consultor.

Para mayor información de los procedimientos de ensayos, por favor remitirse a las normas INVIAS respectivas dadas en la tabla 4.

7.6.2 Conformación del Subsuelo

Para realizar el modelamiento geotécnico de la zona en análisis con el objetivo de planear la Construcción del proyecto en mención en el municipio de Tame - Departamento de Arauca; en primer lugar, se deben caracterizar los materiales de acuerdo a diferentes ensayos normalizados, que se realizan en campo, durante la realización de los apiques, y en el laboratorio, cuando las muestras recuperadas son analizadas en condiciones normalizadas.

Los resultados de los ensayos realizados en campo y laboratorio, permiten determinar ciertos parámetros de comportamiento físico y mecánico, que luego bajo un modelo de comportamiento determinado indicarán la respuesta del suelo a las solicitaciones impuestas por las obras de infraestructura que se van a construir.

Los ensayos realizados se pueden clasificar en físicos y mecánicos, los primeros se emplean para clasificar el material y son ensayos cuyos resultados indican parámetros que definen ciertas propiedades como densidad, porosidad, entre otras. Estas propiedades permiten inferir la homogeneidad del depósito de suelos y en cierta medida su futuro comportamiento. Los ensayos mecánicos entregan parámetros numéricos que permiten conformar las ecuaciones de comportamiento de diferentes modelos constitutivos que modelan matemáticamente la respuesta del suelo.

Analizando los perfiles estratigráficos encontrados para cada uno de los apiques, se aprecian estratos comunes que bajo condiciones geotécnicas pueden considerarse como un solo estrato, en busca de realizar una generalización de comportamientos que permita definir perfiles geotécnicos de análisis. Para esto se evaluarán a continuación las propiedades de cada uno de los estratos característicos de la zona evaluada.

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). Además de pruebas sencillas de campo, observaciones y comparaciones con las muestras representativas.

En la Tabla 5 se relaciona el valor en porcentaje de cada tipo de suelo respecto a la totalidad de muestras obtenidas de la zona del proyecto, encontrando así, que el 86 % de los suelos son finos, el 14% son grueso.

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

Tabla 5 porcentaje USCS en el proyecto.

TIPO SUELO	USCS	CANTIDAD DE MUESTRAS EN LOS APIQUES	PORCENTAJE
Suelo Fino	ML	2	8,33%
Suelo Grueso	SM	9	37,5%
Suelo Grueso	GM	13	54,17%
TOTAL		24	100%

Fuente: Equipo consultor.

8. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO

8.1 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN.

De acuerdo al análisis efectuado de la estratigrafía del subsuelo y a los ensayos de laboratorio realizados, se concluye que el suelo natural más desfavorable y predominante en más alto porcentaje encontrado en el área en estudio, es suelo clasificado como (SM) según el sistema de clasificación de la SUCS y según el sistema de clasificación de la AASHTO como grupo A-4, está conformado por un material que presenta las siguientes características:

Tabla 6 Características del Suelo de Subrasante.

GRUPO	IMPERMEABILIDAD	CAPILARIDAD	ELASTICIDAD	CAMBIOS DE VOLUMEN
A-4	Baja	Media	Baja	Pequeños

GRUPO	COMPORTAMIENTO DEL SUELO COMPACTADO	COMO TERRENO ES:	PARA SUBBASE	PARA BASE	PARA TERRAPLENES
A-4	Regular cuando seco. Inestable cuando húmedo	Malo a regular	Malo a regular	Malo a regular	malo a bueno

Fuente: Equipo consultor.

Como se mencionó anteriormente, predominan en la zona las arenas limosas de baja plasticidad. Sobre el suelo típico de sub-rasante se han realizado pruebas de C.B.R inalterados en condición sumergida y por el método del Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC).

8.1.1 Parámetros De Resistencia Medidos En Campo

La evaluación de los parámetros de resistencia se realiza a partir de los resultados del ensayo CBR, con el cual se determina la capacidad de soporte del material de subrasante, remoldeando material alterado en el laboratorio y/o tomando muestras inalteradas en campo este último con la ayuda de un molde de compactación y anillo corte, se saca la muestra totalmente inalterada, y luego de ser enrasada se lleva a la máquina de compresión, equipada con pistón de penetración CBR (diámetro de 4.953cm con sección transversal de 19.4cm2) y capaz de penetrar a una tasa de 1.27mm /min. Obteniendo de esta manera el esfuerzo del material a una penetración máxima de 0.5 pulgadas.

Como ya se mencionó el proyecto encarga el diseño de la infraestructura vial urbana, de drenaje y urbanístico de las calles referenciadas en capítulos anteriores, donde se puede observar a lo largo del recorrido de las 13 calles que a la fecha estas tienen un pavimento flexible de regular a malas condiciones con diferentes fallas, como ya fue mencionado la clasificación de los suelos no varía en gran medida en el tramo estudiado caracterizándose por homogeneidad de suelos clasificados como GM (Gravas limosas de baja plasticidad), SM (arenas limosas de plasticidad baja a nula) y ML (Limos arenosos de plasticidad baja) .

En la tabla 7 se resume los parámetros de diseño para los suelos explorados.

Tabla 7 – Parámetros de resistencia CBR (Inalterado - Sumergido).

APIQUE	MUESTRAS	DIRECCIÓN	COORDENADAS	CLASIFICACION	CBR Inalterado (%)		CBR Sumergido (%)		CBR (PDC) (%)
					0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	
A-01	M1	Calle 15 entre Carreras 23 y 22	6°27´28,84´´	GM					
	M2		71°44'18,90"	SM	5,02	5,34	3,07	3,00	
A-02	M1	Calle 15 entre Carreras 22 y 21	6°27´31,213´´	GM					
	M2		71°44'14,881"	SM					4,76
A-03	M1	Calle 15 entre Carreras 21 y 20	6°27´32,967´´	GM					
	M2		71°44'11,94"	SM	3,75	4,19	2,55	3,30	
A-04	M1	Calle 15 entre Carreras 20 y 19	6°27´30,078´´	GM					
	M2		71°44'10,111"	SM					5,06
	M3			GM					
A-05	M1	Calle 15 entre Carreras 19 y 18	6°27´30,026´´	GM					
	M2		71°44'4,885"	SM	5,62	6,59	3,15	3,60	
	M3			GM					
A-06	M1	Calle 15 entre Carreras 18 y 19	6°27´38,165´´	GM					
	M2		71°44'3,068"	SM					5,57
	M3								
A-07	M1	Calle 15 entre Carreras 17 y 16	6°27´39,668´´	GM					
	M2		71°44'0,459"	SM	5,24	6,69	3,15	4,09	
A-08	M1	Calle 15 entre Carreras 16 y 15	6°27´40,757´´	GM					
	M2		71°44'58,315"	SM					6,60
A-09	M1		6°27´43,566´´	GM					

APIQUE	MUESTRAS	DIRECCIÓN	COORDENADAS	CLASIFICACION	CBR Inalterado (%)		CBR Sumergido (%)		CBR (PDC) (%)
	M2	Calle 15 entre Carreras 15 y 14	71°43'57,711"	ML	5,99	6,09	4,72	4,79	
A-10	M1	Carrera 14 entre Calles 14 y 15	6°27´43,428´´	GM					
	M2		71°43'52,689"	ML					6,37
A-11	M1	Carrera 15 entre Calles 14 y 15	6°27´39,672´´	GM					
	M2		71°43'54101"	SM					5,47

Fuente: Equipo consultor

Analizando los resultados de CBR obtenidos por el método inalterado y sumergido, se puede constatar alguna susceptibilidad de la subrasante a la exposición permanente con el agua, ya que el CBR inalterado descendió de 3.75% a 2.,55% después de sumergido lo que equivale aproximadamente a un 32% de la capacidad de soporte, eso en el caso del estrato No 2 (SM) el cual se encuentra a profundidades entre 0,20m y 1,40m aproximadamente, por otra parte como se mencionó los suelos estudiados no son susceptibles a cambios volumétricos por expansión ni por contracción, ya que a medida que estos suelos se saturan su capacidad de soporte desciende también, así como su estabilidad tal como se muestra en los resultados de los todos los Apiques, donde al fallarse de manera inalterada con humedad natural en las zonas más consolidadas por el paso del tiempo y además por la mecanización ya sufrida al momento de construirse las vías urbanas, se obtienen resultados promedio para todo el sector de 5.12% a 0.1" y de 5.78% a 0.2", pero luego de sumergirse estos mismos especímenes (ósea simulando saturación total), el valor del CBR disminuye significativamente a valores promedios de 3.33% a 0.1" y de 3.76% a 0.2", alcanzando una reducción del 35% y 34% respectivamente, lo cual hace necesario realizar un correcto manejo de las aguas lluvias para evitar que la subrasante quede expuesta por un tiempo muy prolongado a la saturación, siendo este un parámetro importante, hace suponer que al momento de la construcción de las vías se hace necesario realizar un chequeo de la capacidad de soporte del suelo por medio del ensayo de CBR de tal manera que si se encuentran valores por debajo 2,5% se realicen mejoramientos de subrasante con geotextiles y materiales que aumenten la capacidad de soporte del suelo por encima del 5% del CBR.

8.2 NIVEL DE CONFIANZA DEL DISEÑO

La guía de diseño de estructuras de pavimentos de la AASTHO de acuerdo con el tipo de carretera que se trate recomienda niveles de confiabilidad según la siguiente tabla.

Tabla 8 – Niveles de Confiabilidad a Adoptar en Función del Tipo de Carretera

NIVELES DE CONFIABILIDAD A ADOPTAR EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA		
TIPO DE CARRETERA	NIVELES DE CONFIABILIDAD	
	URBANA	INTERURBANA
Autopistas y carreteras importantes	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavements Structures 1986

Con base en la tabla anterior y considerando que las vías en estudio presentan características urbanas y están situadas en el área céntrica del municipio de Tame, se ha decidido optar por un nivel de confiabilidad de una vía colectora. Específicamente, se ha seleccionado un nivel de confiabilidad del 85% para el diseño en este caso particular.

8.3 SELECCIÓN DEL CBR DE DISEÑO.

- **Criterio de la media para seleccionar el CBR de una unidad de diseño.**

a. valor medio del CBR

- $media = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} = \frac{50,47}{11} = 4,588$

b. nivel de confianza del diseño.

Tomamos el 85%; m = 1.0

c. desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\overline{CBR} - CBR)}{n-1}} = 1,4081\%$$

d. calcular el CBR de diseño de la unidad

$$CBR_{unidad\ de\ diseño} = \overline{CBR} - m * S = 3,18$$

- **Criterio del Instituto del asfalto para seleccionar el CBR de una unidad de diseño.**

Para calcular el valor del CBR por el Criterio del Instituto del asfalto para seleccionar el CBR de una (1) unidad de diseño, el cual es el criterio más difundido para la determinación del valor de resistencia de diseño, recomendando tomar un valor total, que el 60, el 75, o el 87,5% de los valores individuales sea igual o mayor que él, De acuerdo con el tránsito que se espera circule sobre el pavimento, como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9 – Límites para selección de resistencia.

Número de ejes de 8,2 toneladas en el carril de diseño (N)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia
$<10^4$	60
$10^4 - 10^6$	75
$>10^6$	87,5

Fuente: MS-1 Asphalt Institute, Thickness Dessing.

Según el estudio de tránsito, para un periodo de diseño de 20 años y 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, TRANSITO DE DISEÑO N o WT18 (20 años)	1.378.833 Ejes de 8.2 Ton

No. RANGOS	# VECES QUE SE REPITE	%
2,55000	11	100,00
3,07000	10	90,91
3,15000	9	81,82
3,15000	9	81,82
4,72000	7	63,64
4,76000	6	54,55
5,06000	5	45,45
5,47000	4	36,36
5,57000	3	27,27
6,37000	2	18,18
6,60000	1	9,09

Por lo tanto, el Percentil a seleccionar para hallar la resistencia es el 87,5 de la siguiente manera.

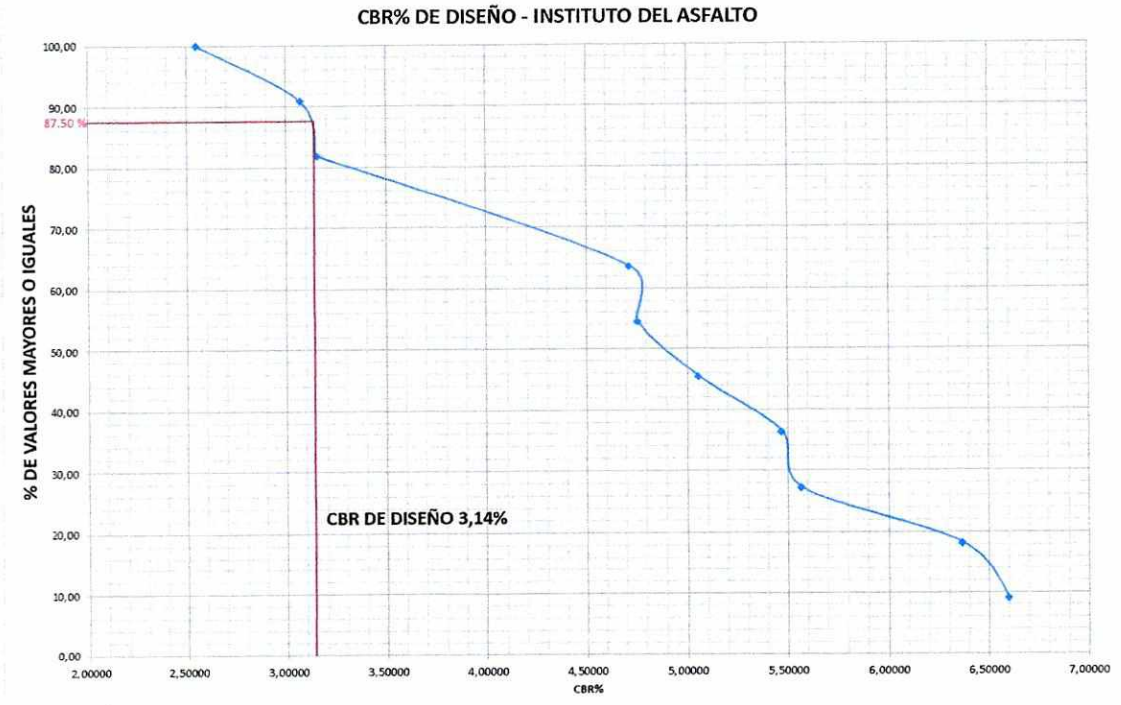


Imagen No. 13 Calculo CBR de diseño.
Fuente: Equipo consultor.

$$CBR_{unidad\ de\ diseño} = 3,14\%$$

METODO	CBR DE DISEÑO, %
INSTITUTO DEL ASFALTO	3,140
MEDIA	3,180021187
PROMEDIO	3,160010593

Teniendo en cuenta el promedio de los dos métodos expuestos, la unidad de diseño única para el proyecto seria:

CBR_{UDU}=3,16%

Tabla 10 Clasificación del suelo de acuerdo al CBR.1

CBR (%)	Clasificación general	Usos	Sistema de clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 – 3	Muy pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 – 7	**Pobre a regular**	**Subrasante**	**OH, CH, MH, OL**	**A4, A5, A6, A7**
7 – 20	Regular	Subbase	OL, CL, ML, SC SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 – 50	Bueno	Subbase y base	GM, GC, W, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3 A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1-a, A2-4, A3

Fuente: Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras. HIGUERA SANDOVAL, Carlos Hernando

Al presentarse unos C.B.R bajos se deberá mejorar la sub-rasante mediante un proceso de mejoramiento y refuerzo del suelo del sitio con material de afirmado y/o suelos granulares además de la utilización de Geotextil para separación de agregados y que garanticen la no contaminación de las capas a instalarse logrando que se afirme y aumente la capacidad de soporte del suelo.

Además, durante las exploraciones posteriores a la demolición de la capa de pavimento deteriorada, se encontró una capa que parece ser una subbase granular fatigada, compuesta por agregados con características redondeadas, que al día de hoy no cumple con las normativas vigentes. Aunque este material debe ser reemplazado por otro que cumpla con las especificaciones técnicas exigidas por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), podría ser utilizado como relleno en áreas necesarias del proyecto, como andenes, excavaciones profundas para tuberías de acueducto y/o alcantarillado, así como para recubrimiento o mejora de vías secundarias bajo la responsabilidad del municipio, entre otros usos posibles.

8.4 ESTIMACIÓN DE TRÁNSITO DE DISEÑO

Para el desarrollo de un proyecto de construcción de una vía indispensable realizar un estudio de tránsito para determinar la demanda, a partir del volumen del tránsito actual, o la proyección de la cantidad de vehículos que transitaran por la nueva vía en un lapso determinado.

La obtención del tránsito de diseño dado que las vías a intervenir se clasifican actualmente dentro del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Tame (PBOT) como vías urbanas, teniendo en cuenta su ubicación geográfica y la intercomunicación terrestre que ofrece, las calles a intervenir al estar en condiciones óptimas de tránsito posiblemente ofrecerían una buena capacidad y niveles de servicio, dado el mal estado físico actual en el que se encuentra más del 90% de las vías en estudio,

[1] HIGUERA SANDOVAL, Carlos Hernando. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras. Volumen 1.Clasificación del suelo de acuerdo al CBR. Tunja 2007. página 94

donde seguramente se reducirían los tiempos de viaje origen destino, con un sector urbanístico más amigable con el peatón, el medio ambiente y además de un drenaje adecuado y funcional, permitiendo el desarrollo integral de los habitantes de la zona.

Un pavimento debe ser diseñado para soportar el transito inicial y aquel que pase durante su vida de servicio. Sin embargo, es necesario reconocer que no es fácil calcular tales cargas, por cuanto en el transito futuro intervienen factores muy complejos, dado que es muy difícil predecir los cambios en la economía regional general, en la población y en el uso de la tierra a lo largo de la vía durante el periodo de diseño (Alfonso Montejo F. Ingeniería de Pavimentos), por lo tanto y teniendo en cuenta este argumento para obtener los valores del tránsito y/o tráfico vehicular circulante por la zona, se realizó un conteo vehicular de una semana en tres estaciones provisionales ubicadas a criterio del consultor, en periodos diarios de 6:00am a 6:pm, una estación se ubicó en la carrera 15 con calle 14 Barrio El Centro, otra estación se ubicó en la calle 15 con carrera 19 Barrio El Centro y la otra estación se ubicó en la calle 15 con carrera 22 Barrio El Cielo, teniendo en cuenta las horas comunes de circulación de vehículos del sector, obteniéndose resultados bajos en dichos conteos.



Imagen No. 14 – Localización de Estaciones de Aforo Vehicular
Fuente: Google Earth editado por equipo consultor.

La ubicación de las estaciones de conteo deberá encontrarse a suficiente distancia de puntos de conflicto vehicular para que la recepción de movimiento no sea alterada por movimientos locales, o deben colocarse las estaciones necesarias para diferenciar el volumen de una zona específica a la de una rural (Manual Para Obtener Los Volúmenes De Tránsito En Carreteras de México, 2015), en el caso particular del municipio de Tame la ubicación de las estaciones de conteo y/o aforo vehicular,

dado el poco tráfico que circula por los sectores a diseñar por las características propias del municipio, además de que estas según el PBOT son vías con características urbanas y al no tener reseñas históricas de conteos vehiculares, se determinó contabilizar durante una semana la totalidad de vehículos que circulan por el sector de influencia del proyecto, tal como se muestra en la Imagen No. 14.

Se contabilizaron la totalidad de vehículos que circularon en ambos sentidos, concluyendo que el factor direccional de las vías es 1.00, ósea que las vías a diseñar son unidireccionales.

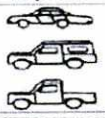
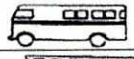
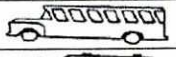
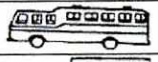
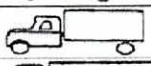
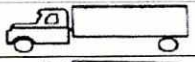
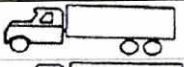
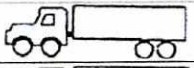
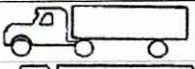
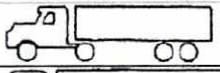
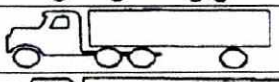
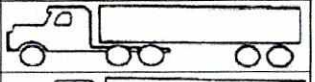
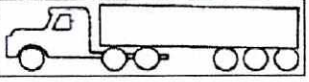
TIPO DE VEHÍCULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMIÓN DE DOS EJES PEQUEÑOS	
C2-G	CAMIÓN DE DOS EJES GRANDES	
C3 Y C4	CAMIÓN C3	
	CAMIÓN C4	
	TRACTOR-CAMIÓN C2-S1	
	TRACTOR-CAMIÓN C2-S2	
	TRACTOR CAMIÓN C3-S1	
C5	TRACTOR CAMIÓN C3-S2	
> C5	TRACTOR CAMIÓN C3-S3	

Imagen No. 15 – Esquema de clasificación de vehículos
Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito (INVIAS)

El volumen vehicular existente en la zona corresponde a automóviles particulares, camionetas Pick-Up, buses y camiones C-2p, C-2g, C-3 y C-4.

El transito promedio diario semanal y la distribución porcentual de vehículos se calculó basados en los criterios y recomendaciones del manual de diseño de pavimentos de concreto asfálticos para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito y la publicación del departamento nacional de planeación

(DNP) mejoramiento de vías terciarias-vías de tercer orden versión 2.0 – Año 2020, obteniéndose los siguientes resultados:

Estación Temporal Calle 14 con Carrera 15

TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL (TPDS)	**2469**
NUMERO DE VEHICULOS COMERCIALES DÍA ATIPICO	**651**
NUMERO DE VEHICULOS COMERCIALES DÍA TIPICO	**489**
VOLUMEN DE VEHÍCULOS COMERCIALES PROMEDIO AL DÍA	**163**

Estación Temporal Calle 15 con Carrera 19

TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL (TPDS)	**940**
NUMERO DE VEHICULOS COMERCIALES DÍA ATIPICO	**161**
NUMERO DE VEHICULOS COMERCIALES DÍA TIPICO	**200**
VOLUMEN DE VEHÍCULOS COMERCIALES PROMEDIO AL DÍA	**52**

Estación Temporal Calle 15 con Carrera 22

TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL (TPDS)	**2037**
NUMERO DE VEHICULOS COMERCIALES DÍA ATIPICO	**489**

NUMERO DE VEHICULOS COMERCIALES DÍA TIPICO	**337**

VOLUMEN DE VEHÍCULOS COMERCIALES PROMEDIO AL DÍA	**118**

Teniendo en cuenta la época del año (en este caso el mes de marzo), la actividad comercial en la zona presenta variaciones lo cual hace necesario aplicar una corrección por estacionalidad, para ello se ha conseguido la información referente a una estación permanente de conteo (estación maestra) proporcionada por el INVIAS, consignada en la tabla 6 Factores de corrección por estacionalidad

Tabla 11 – Factores de corrección por estacionalidad.

Mes	TRANSITO PROMEDIO DIARIO MENSUAL (TPDm)	FACTOR DE CORRECIÓN POR ESTACIONALIDAD
ENERO	1667	0,88
FEBRERO	1466	1,00
MARZO	1638	0,90
ABRIL	1445	1,02
MAYO	1520	0,97
JUNIO	1521	0,97
JULIO	1496	0,98
AGOSTO	1405	1,05
SEPTIEMBRE	1280	1,15
OCTUBRE	1326	1,11
NOVIEMBRE	1404	1,05
DICIEMBRE	1563	0,94
TPDA	**1471**	

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito (INVIAS)

Estación Temporal Calle 14 con Carrera 15

MES CONTEO VEHICULAR	MARZO
FACTOR DE CORRECIÓN POR ESTACIONALIDAD	0,9

VOLUMEN DE VEHÍCULOS COMERCIALES PROMEDIO AL DÍA CORREGIDO	**147**

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL VEHICULOS COMERCIALES	
BUSES	74,91%
CAMIONES TOTALES	25,09%
C2p	18,95%
C2g	6,14%
C3-C4	0,00%
C5	0,00%
>C5	0,00%

Estación Temporal Calle 15 con Carrera 19

MES CONTEO VEHICULAR	MARZO
FACTOR DE CORRECIÓN POR ESTACIONALIDAD	0,9

VOLUMEN DE VEHÍCULOS COMERCIALES PROMEDIO AL DÍA CORREGIDO	**46**

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL VEHICULOS COMERCIALES	
BUSES	34,35%
CAMIONES TOTALES	65,65%
C2p	45,43%
C2g	13,30%
C3-C4	2,77%
C5	0,55%
>C5	3,60%

Estación Temporal Calle 15 con Carrera 22

MES CONTEO VEHICULAR	MARZO
FACTOR DE CORRECIÓN POR ESTACIONALIDAD	0,9

VOLUMEN DE VEHÍCULOS COMERCIALES PROMEDIO AL DÍA CORREGIDO	106

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL VEHICULOS COMERCIALES	
BUSES	56,17%
CAMIONES TOTALES	43,83%
C2p	29,42%
C2g	4,84%
C3-C4	0,00%
C5	0,48%
>C5	9,08%

8.5 PARÁMETROS Y VARIABLES DE DISEÑO

Obtenida la información anteriormente descrita se debe calcular del número acumulado de ejes simples equivalentes de 8,2 ton (80KN) que circularán por el carril de diseño durante el periodo de diseño.

Siguiendo la metodología sugerida por los Manuales de diseño del INVIAS, se muestran a continuación los parámetros de diseño recomendados para la vía en estudio y sus respectivos cálculos para la obtención del tránsito de diseño en el periodo de diseño por el carril de diseño.

En el caso específico de las vías estudiadas en el municipio de Tame, donde se reconoce que los niveles de tráfico son bajos y existe incertidumbre sobre las proyecciones futuras de tráfico, se han evaluado tres estaciones de conteo de tráfico. En la intersección de la calle 14 con la carrera 15, se observa que el 74,91% de los vehículos comerciales son autobuses, mientras que el 25,09% restante corresponde a camiones, siendo principalmente de tipo C2P y en menor medida de tipo C2G. El Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS) en esta ubicación es de 2469 vehículos. En la intersección de la calle 15 con la carrera 19, el 34,35% de los vehículos comerciales son autobuses, mientras que el 65,65% restante corresponde a camiones de varias categorías, desde C2P hasta >C5, con una predominancia de C2P. El TPDS en esta ubicación es de 940 vehículos. En otra intersección de la calle 15 con la carrera 19, el 56,17% de los vehículos comerciales son autobuses y el 43,83% restante son camiones, distribuidos entre las categorías C2P, C2G, C5 y >C5, con una alta proporción de C2P y un porcentaje significativo de >C5. El TPDS en esta última ubicación es de 2037 vehículos.

Dada la proximidad entre estas estaciones de conteo y tomando en consideración que el TPDS en la intersección de la calle 15 con la carrera 22 es el segundo más alto (2037 vehículos) entre las tres estaciones y cercano al valor más alto registrado (2469 vehículos), se ha decidido utilizar únicamente

los datos de esta ubicación para el cálculo de ejes equivalentes. Además, la distribución de vehículos comerciales en esta estación presenta un factor de daño más elevado que en las otras dos estaciones analizadas.

Estación Temporal Calle 15 con Carrera 22

Número de Vehículos Comerciales

Vehículos comerciales/día/ambas direcciones	106

Periodo de Diseño

Periodo de Diseño Seleccionado	20 Años

Nivel de Tránsito

Nivel de Tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN durante el período de diseño en el carril de diseño
T1	< 150.000
T2	150.000 - 500.000

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito (INVIAS)

Nivel de Tránsito Seleccionada	T2

Tasa de Crecimiento Anual (r)

Nivel de Tránsito	Tasa de Crecimiento
T1	2%
T2	3%

Tasa de Crecimiento Anual (r) Seleccionada	3%

Ancho de la Calzada

Ancho de la Calzada Seleccionado	7,3m

Factor Direccional

Ancho de Calzada	Tránsito de Diseño	Fd
Menos de 5 m	Total en los dos sentidos	1,00
Igual o mayor de 5 m y menor de 6 m	3/4 del total en los dos sentidos	0,75
Igual o mayor de 6 m	1/2 del total en los dos sentidos	0,50

Factor Direccional (Fd) Seleccionado	0,5

Composición de los Vehículos Comerciales

Buses:	56,17%
C2p	29,42%
C2g	4,84%
C3-C4	0,00%
C5	0,48%
>C5	9,08%

Factor de Daño

Tipo de Vehículo	Factor de daño (FD)	
	Vacío	Cargado
Autos		0,00
Bus Grande		1,00
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

Tipo de Vehículo	Factor de daño (FD) Seleccionado
C2p	1,01
C2g	2,72
C3-C4	3,72
C5	4,88
>C5	5,23

Confiabilidad

Confiabilidad	Zr
70%	0,524
75%	0,674
80%	0,842
85%	1,036
90%	1,282
95%	1,645
96%	1,751
97%	1,881
98%	2,055
99%	2,328

Nivel de confianza Sugerido		
Clasificación de la vía	**Urbana**	**Rural**
Autopistas	85-99,9	80-99,9
Troncales	80-99	75-95
Locales	80-95	75-95
Ramales y Vías Agrícolas	50-80	50-80

Tipo de Vía	Urbana

Nivel de confianza Sugerido	85%

Confiabilidad Seleccionada	1,036

Número de ejes equivalentes en el carril de diseño (tránsito normal) en el año base

$$N_{80\ kN\ carril\ de\ diseño(normal),año\ base} = 365_{dias/año} \times \left[\sum_{i=1}^{k} \left(Vehiculos\ Comerciales_{\ dia/ambas\ direcciones} \times \%V_k \times FD_k \right) \right] \times Fd$$

$N_{80\ kN}$ carril de diseño normal año base =	**28.861**

Número acumulado de ejes equivalentes en el carril de diseño para el período de diseño (n) (tránsito normal)

$$N_{80\ kN\ carril\ de\ diseño\ (normal),\ acumulado} = N_{80\ kN\ carril\ de\ diseño\ (normal),\ año\ base} \times \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

$N_{80\ kN\ carril\ de\ diseño\ (normal),\ acumulado}$ =	775.508

Número de ejes equivalentes en el carril de diseño durante el período de diseño (tránsito normal) con el nivel de confianza dado.

$$N'_{80\,kN\,carril\,de\,diseño(normal)} = N_{80kN\,carril\,de\,diseño(normal),\,acumulado} \times (10^{\,0.05Zr})$$

$N_{80\ kN\ carril\ de\ diseño\ (normal)}$ =	898.848

Incremento del Tránsito

Porcentaje de Tránsito Atraído	30%

Tránsito Atraído (Tat)	269.654

Tránsito Actual

Tránsito Actual (TA=TE+Tat)

Tránsito Existente (TE)	898.848

Tránsito Actual (TA)	1.168.502

Tránsito Desarrollado (TD)

Tránsito Desarrollado (TD)	58.425

Tránsito Generado (TG)

Tránsito Generado (TG)	116.850

Crecimiento Normal del Tránsito (CNT)

Crecimiento Normal del Tránsito (CNT)	35.055

Incremento del Tránsito (IT=TD+TG+CNT)

Incremento del Tránsito (IT=TD+TG+CNT)	210.330

TOTAL TRANSITO DE DISEÑO (TA+IT) A 20 AÑOS

Tránsito de Diseño a 20 Años (TA+IT)	**1.378.833**

Tal como se indica anteriormente, 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 TRANSITO DE DISEÑO N o WT18	**1.378.833 Ejes de 8.2 Ton**

Teniendo en cuenta el Transito de diseño calculado y como se proyecta diseñar vías en concreto hidráulico el Manual De Diseño De Pavimentos de Concreto Para Vías Con Bajos, Medios y Altos Volúmenes De Tránsito (INVIAS), categoriza las vías según la siguiente tabla:

Tabla 12 Categorías de tránsito para la selección de espesores

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8,2 t
T_O	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000,000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

Fuente: Manual De Diseño De Pavimentos de Concreto Para Vías Con Bajos, Medios y Altos Volúmenes De Tránsito (INVIAS)

Según este criterio las vías urbanas del municipio de Tame se categorizan como T1, tipo de vía Vs (Vía Secundaria) – M (Medias) o A (Anchas) – CC (Carreteras de 2 direcciones).

8.6 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO.

8.6.1 Tránsito

Tal como se ha indicado, 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 para el volumen de tráfico total, según el criterio de análisis adoptado en el estudio de tránsito, el número de ejes equivalentes de 8.2 ton es:

TOTAL TRANSITO DE DISEÑO N o WT18	**1.378.833 Ejes de 8.2 Ton**

8.6.2 Método De Diseño Y Parámetros Adoptados

Con los resultados obtenidos se procede a diseñar el espesor de capas de pavimento para la vía según los siguientes parámetros básicos:

- Método de diseño: PCA simplificado, Método de Diseño para Pavimentos de Concreto para Vías con Altos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito, no existe información detallada sobre la distribución de las cargas por eje.

- Tipo de Tránsito = Categoría de carga por eje Tipo 1. Carga máxima de 115 KN (11.5 toneladas) eje sencillo y 195 KN (19.7 toneladas) eje tándem.

- Tipo de Suelo: Suelos de grano fino en los que predominan partículas del tamaño de los limos según la unidad de diseño seleccionada:

Unidad de Diseño Única:

$$CBR_{unidad\ de\ diseño} = 3,16$$

Bajo el argumento anterior con capacidades de soporte de la sub-rasante bajas como las encontradas en algunos sectores, se deberá colocar sobre el suelo de sub-rasante un Geotextil Tejido para separación de agregados.

Mezcla de concreto: Diseñada para módulo de rotura (MR) de 4.0 MPa a los 28 días.

Características del Pavimento en concreto: con trabazón de agregados, juntas con pasadores y berma o sardinel en concreto (confinado). Buen drenaje.

8.7 DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MÉTODO INVIAS

Con base en las cartas de diseño propuestas por el INVIAS se determinan los espesores de pavimento para la vía, más un margen de seguridad en la capa granular de base tenido en cuenta por el ingeniero proyectista, debido a la mala calidad de la subrasante encontrada.

Utilizando la tabla correspondiente a la categoría 1, con Módulo de rotura de 4.0 MPa y Soporte de Conjunto Sub-rasante/Sub-base bajo, considerando pavimento con junta transversal de trabazón de agregados, pasadores y berma o sardinel de concreto, se tienen los siguientes resultados:

- Unidad de Diseño Única:

DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS METODO INVIAS	
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACION URBANISTICO EN LA RED VIAL DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.
TERRENO:	Ondulado
ZONA:	Urbana
TIPO DE VIA:	Vt-E
TPDs:	147
EJES ACUMULADOS DE 8,2TON:	1.378.833
CATEGORIA:	T1
CBR:	3,16
MODULO RESILIENTE:	316,00
CLASE O TIPO DE SUELO:	S2
DOVELAS (TRANSFERENCIA DE CARGA):	SI
BERMAS	SI
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm2):	40
MODULO DE ROTURA:	MR2

VARIABLES DEFINIDAS				
CATEGORIA TRANSITO	TIPO DE SUELO	MODULO DE ROTURA:	DOVELAS	BERMAS
T1	S2	MR2	D	B

ALTERNATIVAS DE ELECCIÓN

ALTERNATIVA	SOPORTE	RESISTENCIA	ESPESOR (CM)	BARRAS DE TRANSFERENCIA			BARRAS DE AMARRE					BERMAS
				Ø VARILLA LISA	LONGITUD VARILLA (mm)	ESPACIAMIENTO ENTRE VARILLAS (mm)	TIPO DE ACERO	DIAMETRO VARILLA	LONGITUD VARILLA (m)	ANCHO DE CARRIL (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)	
A1	SN	MR2=40Kg/cm2	22	1 1/8	400	300	60000PSI	1/2"	0,85	3,65	1,2	SI
A2	BG	MR2=40Kg/cm2	22	1 1/8	400	300	60000PSI	1/2"	0,85	3,65	1,2	SI
A3	BEC	MR2=40Kg/cm2	19	1	350	300	60000PSI	1/2"	0,85	3,65	1,2	SI

An: ALTERNATIVA
SN: SUELO NATURAL
BG: BASE GRANULAR
BEC: BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO
MR MODULO DE ROTURA

Imagen No. 16 – Salida dimensionamiento estructura de Pavimento método INVIAS
Fuente: Equipo consultor.

8.8 DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MÉTODO PCA

Con el ánimo de ajustar el diseño y optimizar los recursos dispuestos para la obra se hace el cálculo por el método de la PCA obteniéndose los siguientes resultados:

CALCULO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS RIGIDOS METODO PCA

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACION URBANISTICO EN LA RED VIAL DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.

TERRENO: Ondulado
ZONA: Urbana
CATEGORÍA: 1

ESPESOR DE PRUEBA (Pulg):	7,00 pulg	TPD:	147 veh
ESPESOR DE PRUEBA (cm):	18,00 cm	T:	0,215
SUBRASANTE Ks:	100,00 pci	C:	0,50
MODULO DE RUPTURA M_r	580,00 psi	D:	0,50
PERIODO DE DISEÑO (n):	20,00 años	r:	0,030
FACTOR DE SEGURIDAD FS:	1,10	Fp:	1,34
JUNTA CON PASADORES:	SI		
K DE DISEÑO-SUBRASANTE-SUBBASE K_d	140	Nº Camiones:	77.660,14
HOMBRILLOS DE CONCRETO:	SI		
ESPESOR DE SUBBASE:	6 pulg	No Tratada	
ESPESOR DE SUBBASE:	15,24 cm		

CARGA POR EJE x 1000 lb	CARGA x FS	CARGAS ESPERADAS POR EJE	ANALISIS DE FATIGA		ANALISIS DE EROSION	
			CARGAS ADMITIDAS	%	CARGAS ADMITIDAS	%
1	2	3	4	5	6	7
8.- ESFUERZO EQUIVALENTE =		266			10.- FACTOR DE EROSIÓN =	2,56
9.- RELACIÓN DE ESFUERZO =		0,46				
EJES SIMPLES						
22	24,2	1.804,20	100.500,00	1,80	5.000.000,00	0,04
20	22	7.227,05	400.000,00	1,81	18.000.000,00	0,04
18	19,8	24.310,57	6.000.000,00	0,41	100.000.000,00	0,02
16	17,6	51.966,44	10.000.000,00	0,52	100.000.000,00	0,05
14	15,4	67.105,66	10.000.000,00	0,67	100.000.000,00	0,07
12	13,2	127.114,11	10.000.000,00	1,27	100.000.000,00	0,13
10	11	175.089,44	10.000.000,00	1,75	100.000.000,00	0,18
8	8,8	330.154,99	10.000.000,00	3,30	100.000.000,00	0,33
6	6,6	375.335,17	10.000.000,00	3,75	100.000.000,00	0,38
4	4,4	578.611,82	10.000.000,00	5,79	100.000.000,00	0,58
11.- ESFUERZO EQUIVALENTE =		230			10.- FACTOR DE EROSIÓN =	2,68
12.- RELACIÓN DE ESFUERZO =		0,40				
EJES DOBLES						
36	39,6	12.885,68	10.000.000,00	1,90	9.000.000,00	2,11
32	35,2	190.233,79	10.000.000,00	1,64	80.000.000,00	0,20
28	30,8	163.799,52	10.000.000,00	0,80	100.000.000,00	0,08
24	26,4	80.327,92	10.000.000,00	0,98	100.000.000,00	0,10
20	22	97.556,66	10.000.000,00	1,03	100.000.000,00	0,10
16	17,6	102.538,72	10.000.000,00	1,43	100.000.000,00	0,14
12	13,2	142.798,35	10.000.000,00	0,58	100.000.000,00	0,06
8	8,8	58.492,99	10.000.000,00	0,11	100.000.000,00	0,01
4	4,4	10.900,38	10.000.000,00	0,00	100.000.000,00	0,00
0	0	0,00	10.000.000,00	0,00	100.000.000,00	0,00
			TOTALES	29,53	TOTALES	4,62

ESPESOR RESULTANTE

TOTAL DE ANÁLISIS POR FATIGA 29,53 → OK
TOTAL DE ANÁLISIS POR EROSIÓN 4,62 → OK

ESPESOR DE LOSA → 7 pulg / 18 cm

Imagen No. 17 – Salida dimensionamiento estructura de Pavimento método PCA
Fuente: Equipo consultor.

8.9 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXO TRACCIÓN

Tabla 13 Resistencia que debe alcanzar el concreto

Calidad del concreto	**Número de camiones por día**			
	> 300	**150 - 300**	**25 -150**	**< 25**
A flexión (MPa)	4.5	4.2	4.0	3.8

Fuente: Manual De Diseño De Pavimentos de Concreto Para Vías Con Bajos, Medios y Altos Volúmenes De Tránsito (INVIAS)

Tabla 14 Modulo De Elasticidad Ec, por tipo de agregado

TIPO DE AGREGADO	**MODULO DE ELASTICIDAD, Ec.**	
	MPa	Kg./cm^2
Grueso ígneo.	5500 $(f'c)^{0.5}$	17500 $(f'c)^{0.5}$
Grueso metamórfico.	4700 $(f'c)^{0.5}$	15000 $(f'c)^{0.5}$
Grueso sedimentario.	3600 $(f'c)^{0.5}$	11500 $(f'c)^{0.5}$
Sin información.	**3900 $(f'c)^{0.5}$**	**12500 $(f'c)^{0.5}$**

Fuente: Manual De Diseño De Pavimentos de Concreto Para Vías Con Bajos, Medios y Altos Volúmenes De Tránsito (INVIAS)

Ec= 3900 (27,5)^0.5
Ec= 20440Mpa
Ec= 12500 (280)^0.5
Ec= 209165 kg/cm2

Cálculo de las dovelas o pasadores:

Tabla 15 Calculo de las dovelas o pasadores

ESPESOR DEL PAVIMENTO, mm	**DIÁMETRO DEL PASADOR**		**LONGITUD TOTAL, mm**	**SEPARACIÓN ENTRE CENTROS, mm**
	mm	Pulg.		
100	12.7	½	250	300
110-130	15.9	5/8	300	300
140-150	19.1	¾	350	300
160-180	**22.2**	**7/8**	**350**	**300**
190-200	25.4	1	350	300
210-230	28.6	1 1/8	400	300
240-250	31.8	1 ¼	450	300
260-280	34.9	1 3/8	450	300
290-300	38.1	1 ½	500	300

Fuente: Manual De Diseño De Pavimentos de Concreto Para Vías Con Bajos, Medios y Altos Volúmenes De Tránsito (INVIAS)

$$D = 18 \text{ cm}$$
$$\emptyset = 22 \text{ mm (Diametro del pasador)}$$
$$L \text{ total} = 35 \text{ cm}$$
$$S = 30 \text{ cm (separación entre centros)}$$
$$n = 9 \text{ (N° de Varillas)}$$
$$Esp = 8 \text{ espacios}$$
$$8 * 30 = 240 \text{ cm}$$
$$270 \text{ cm} - 240 \text{ cm} = 30\text{cm}$$
$$\frac{30 \text{ cm}}{2} = 15.0 \text{ cm}$$

15.0 cm es la distancia de separación que tiene la primera y la última varilla hacia el borde de la losa; Los pasadores se colocan en la mitad del espesor de la losa (D/2)

Cálculo de barras de anclaje:

Tabla 16 Calculo de las dovelas o pasadores

Espesor de la losa en cm.	Barras de ø 9.5 mm (3/8")				**Barras de ø 12.7 mm (1/2")**				Barras de ø 15.9 mm (5/8")			
	Longitud, mm.	Separación entre barras, mm			Longitud, mm	Separación entre barras, mm			Longitud, mm	Separación entre barras, mm		
		Carril de 3.05m	Carril de 3.35m	Carril de 3.65m		Carril de 3.05m	Carril de 3.35m	Carril de 3.65m		Carril de 3.05m	Carril de 3.35m	Carril de 3.65m
Acero de fy = 1.875Kg/cm² (40000 psi)												
15	450	0.80	0.75	0.65	600	1.20	1.20	1.20	700	1.20	1.20	1.20
17.5		0.70	0.60	0.55		1.20	1.10	1.00		1.20	1.20	1.20
20		0.60	0.55	0.50		1.05	1.00	0.90		1.20	1.20	1.20
22.5		0.55	0.50	0.45		0.95	0.85	0.80		1.20	1.20	1.20
25		0.45	0.45	0.40		0.85	0.80	0.70		1.20	1.20	1.10
Acero de fy = 2.800Kg/cm² (60000 psi)												
15	650	1.20	1.10	1.00	**850**	1.20	1.20	1.20	1000	1.20	1.20	1.20
17.5		1.05	0.95	0.85		1.20	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
20		0.90	0.80	0.75		**1.20**	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
22.5		0.80	0.75	0.65		1.20	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
25		0.70	0.65	0.60		1.20	1.15	1.10		1.20	1.20	1.20

Fuente: Manual De Diseño De Pavimentos de Concreto Para Vías Con Bajos, Medios y Altos Volúmenes De Tránsito (INVIAS)

$$fy = 6000 \ {}^{lb}/_{pul^2}$$

El valor de Ø se adopto de ½ pulgada ya que se recomienda este, pues el utilizado en colombia.

$$L = 85\ cm$$
$$S = 1.20$$
$$n = \frac{4.50}{1.20} = 3.75 \approx 4.0$$

El valor 4.50 fue escogido por ser la menor longitud que cumplía criterios de dimensionamiento de losas.

$$S * Esp = 1.20 * 3 = 3.60$$
$$450 - 360 = 90cm$$
$$\frac{90}{2} = 45cm$$

45 cm es la distancia de separación que tiene la primera y la última barra de anclaje hacia el borde de la losa.

8.10 Cálculo De Esfuerzos Y Deflexiones De La Losa De Concreto

Parámetros de cálculo:

- Carga aplicada, P = 40 KN = 4100 Kg = 9000 Lb.
- Radio de Carga, a = 15.27 cm = 6 pulg.
- Espesor de la losa, h = 18 cm. = 7 pulg
- Módulo de reacción de conjunto, K = 60 MPa/m =8690 psi
- Módulo de elasticidad del concreto, Ec = 20440 Mpa.=2976552 psi
- Relación de Poisson del concreto, μ = 0.15

Chequeo de las losas

Por medio del software CEDEL 3.0 del Ing. Giovanni Edgar Rincón Ochoa el cual integran expresiones de cálculo para determinar los esfuerzos y de flexiones por temperatura, carga y fricción en losas de concreto, se calcularon los esfuerzos y de flexiones del pavimento rígido diseñado.

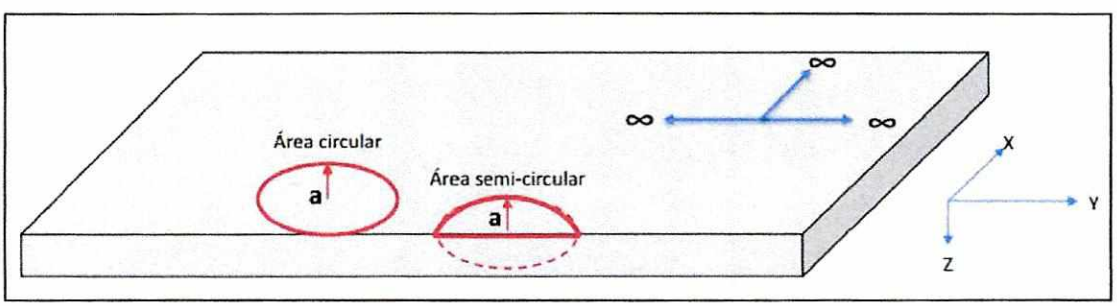


Imagen No. 18 – Esquema de los puntos de análisis de Esfuerzos y Deformaciones de una losa de concreto

Fuente: Equipo consultor.

Cálculo de los esfuerzos de tensión debidos a las cargas de tránsito.

- Esfuerzos De Tensión En La Esquina De La Losa

$$\sigma e = \frac{3P}{h^2}\left[1 - \left(\frac{a\sqrt{2}}{l}\right)^{0.6}\right]$$

$$l = \left(\frac{E_c * h^3}{12(1-\mu^2)K}\right)^{0.25}$$

- Esfuerzos De Tensión En El Interior De La Losa, Σi

$$\sigma i = 0.316\frac{P}{h^2}\left[4log\left(\frac{l}{b}\right) + 1.069\right], {}^{lb}/_{pulg^2}$$

$$b = (1.6a^2 + h^2)^{1/2} - 0.675h \text{ , si } a < 1.724h$$

$$b = a \ , \ si \ a \geq 1.724h$$

- Esfuerzos De Tensión En El Borde De La Losa, Σb

$$\sigma b = \frac{0.803P}{h^2}\left[4log\left(\frac{l}{a}\right) + 0{,}666\left(\frac{a}{l}\right) - 0.034\right], {}^{lb}/_{pulg^2}$$

Cálculo de las deflexiones, Δ

- Deflexión en la esquina de la losa, Δe

$$\Delta e = \frac{P}{kl^2}\left[1.1 - 0.88\left(\frac{a\sqrt{2}}{l}\right)\right], pulg$$

- Deflexión En El Interior De La Losa, Δl

$$\Delta i = \frac{P}{8kl^2}\left[1 + \frac{1}{2\Pi}\left(ln\left(\frac{a}{2l}\right) - 0.673\right)\left(\frac{a}{l}\right)^2\right] pulg.$$

- Deflexión En El Borde De La Losa, ΔB

$$\Delta b = \frac{0.431P}{kl^2}\left[1 - 0.82\left(\frac{a}{l}\right)\right] pulg.$$

Tabla 17 Esfuerzos De Tensión En La Losa De Concreto

Posición en la losa	Esfuerzo de tensión (lb/pulg2)	Módulo de rotura del concreto, Sc, (lb/pulg2)	Chequeo
Esquina	295.51	580	OK
Interior	233.21		OK
Borde Circulo	431.13		OK
Borde Semi Circulo	520.87		OK

Fuente: Equipo consultor.

- Deflexiones en la losa de concreto:

Tabla 18 Deformaciones De Tensión En La Losa De Concreto

Posición en la losa	Deflexión, Δ, mm	Deflexión, Δ, pulg.
Esquina	2,096262	0,08253
Interior	0,300736	0,01184
Borde Circulo	0,886206	0,03489
Borde Semi Circulo	0,983996	0,03874

Fuente: Equipo consultor.

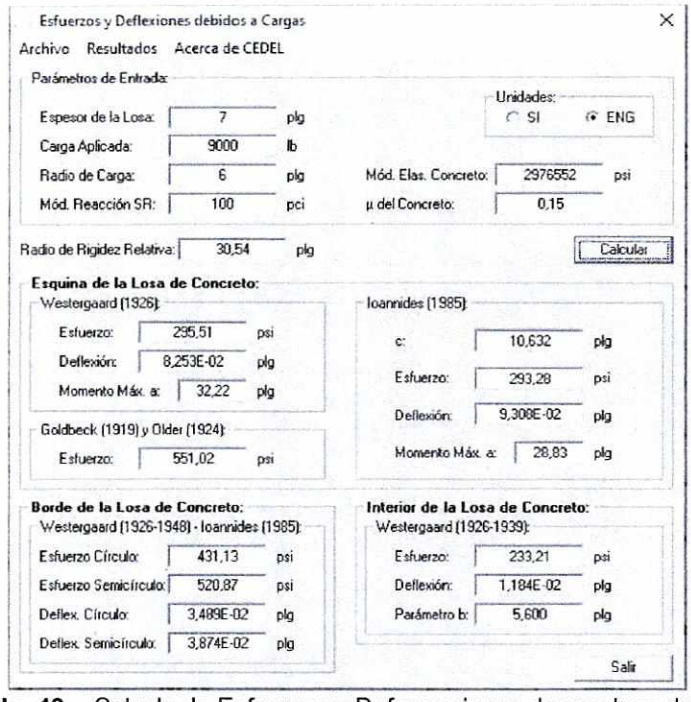


Imagen No. 19 – Calculo de Esfuerzos y Deformaciones de una losa de concreto
Fuente: Software CEDEL 3.0.

8.11 ESPESORES RECOMENDADOS DEL PAVIMENTO RÍGIDO.

Tabla 19 Espesores de Diseño para Pavimento Rígido Unidad 1

ESPESOR (cm)	CAPA DE PAVIMENTO
18	Losa de concreto. Mr=4.0 MPa a los 28 días. Ensayo sobre vigas con carga en tercios de la luz.
15	Base granular, compactada al 95% de la densidad seca máxima del Proctor Modificado.
----	Geotextil tejido para separación de agregados según Art. 232-07 Estabilización de suelos de sub-rasante y capas granulares con Geotextil.

Fuente: Equipo consultor.

En el caso de encontrase fallos se recomienda usar piedra bola tipo crudo para estabilizar el terreno aumentando con esto la capacidad de soporte en el espesor que sea necesario.

9. SISTEMA CONSTRUCTIVO Y JUNTAS

Se deberá emplear el método de construcción por franjas, utilizando como junta transversal el sistema de pasadores y trabazón de agregados, induciendo las juntas al cortar con sierra el concreto endurecido en sus primeras horas de fraguado (4 a 10 horas). La profundidad del corte inicial es de un tercio del espesor de la losa de concreto y su ancho de 3 mm.

- *Juntas longitudinales.*
  Luego de localizar las juntas de aislamiento o expansión, se define la posición de las juntas longitudinales, teniendo en cuenta la dimensión de los equipos de construcción, el ancho de la vía a pavimentar y las restricciones constructivas, se deben evitar siempre que la separación entre dos juntas longitudinales (ancho de las losas), sea mayor que cuatro metros, como se muestra en la Figura 5,1.
- *En vías de doble sentido*
  Cuando se trata de vías transitadas en ambas direcciones y el ancho del pavimento es menor que 7,60 m, se debe construir una junta longitudinal para dividir el pavimento en dos franjas o carriles de igual ancho. En vías más amplias se deben construir tres juntas longitudinales, definiendo cuatro franjas, así:
  Para vías con un ancho entre 7,60 y 10,65 m: Se construye una junta longitudinal por el centro, y a cada lado de esta, otra que esté separada entre 1,8 y 3,05 m de la central.
  Para vías con un ancho entre 10,65 y 14,65 m: Se realiza una junta longitudinal por el centro y a cada lado de esta, otra separada entre 3,05 y 3,65 m de la central.
  En la Figura 5,1 se observa un diagrama con las indicaciones dadas en este numeral.
- *En vías de un solo sentido*
  Cuando se trata de vías transitadas en una sola dirección, la disposición de juntas longitudinales se hace coincidir con los carriles de circulación de los vehículos. Normalmente

la separación entre las juntas longitudinales en vías de varios carriles y un sólo sentido de circulación oscila entre 3 y 3,65 m. (Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos medios y altos volúmenes de tránsito)

Cabe hacer claridad que debido a la incertidumbre que genera el manejo del tránsito en las vías urbanas, para la proyección del cálculo de las juntas se asumió que todas estas tenían circulación de tráfico en doble sentido, pues según factores variables como el crecimiento propio de la ciudad, uso del suelo, aumento del tráfico vehicular y peatonal, nuevas construcciones, etc., no es posible ni prudente limitar el sentido del tráfico unidireccionalmente ya que con el transcurso del tiempo y según las necesidades del momento esta condición podría cambiar.

- *Juntas transversales*
  El espaciamiento entre las juntas transversales debe estar comprendido 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. Como recomendación general, las losas que sean lo más cuadradas posible, tendrán un mejor comportamiento estructural. (Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos medios y altos volúmenes de tránsito)

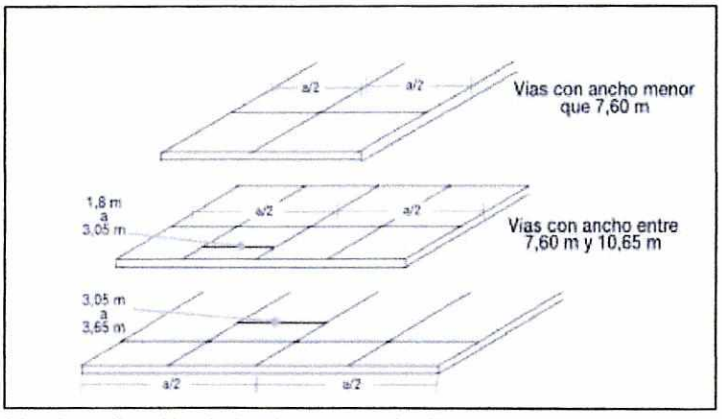


Imagen No. 20 – Localización de las juntas longitudinales de doble sentido y de ancho "A"
Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos medios y altos volúmenes de tránsito.

Con respecto al acero que se debe instalar en las placas de concreto se recomienda lo siguiente:

Los pasadores de carga sobre la junta transversal serán barras de acero liso de 7/8 pulgada de diámetro, 35 cm de longitud y separados cada 30 cm.

Para todas las unidades de diseño las juntas longitudinales de construcción tendrán barras de anclaje corrugadas de 1/2 de pulgada de diámetro, 85 cm de longitud y separadas cada 120 cm.

Las juntas deberán ser selladas con productos adecuados para evitar introducción de agua y elementos extraños. Las dimensiones de la caja para el sello dependerán del tipo de sellador empleado. Por lo general se recomienda que luego del primer corte realizado a un tercio del espesor de la losa, se haga un segundo corte con la profundidad y ancho total de la caja prevista para la junta, según las dimensiones requeridas por el material de sello a utilizar.

En las zonas de pavimento adyacentes a estructuras fijas (alcantarillas y otras estructuras) deberán preverse juntas longitudinales con lámina de fibra y sellador en su parte superior y/o reforzarlas con varilla corrugada de 1/2" cada 30cm como se muestra en la imagen 20 – Reforzamiento de losas especiales.

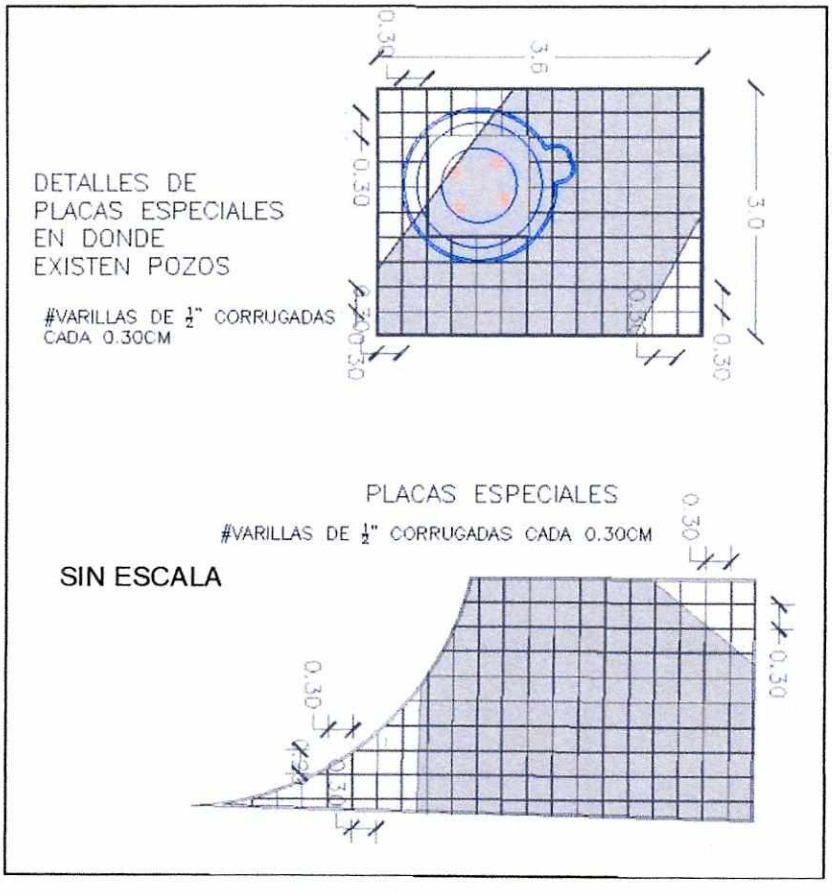


Imagen No. 21 – Reforzamiento de losas especiales
Fuente: Equipo Consultor.

10. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

10.1 CAPA DE SUBRASANTE MEJORADA

Al presentarse suelos con resistencia muy baja (por ejemplo fallos), se recomienda utilizar un Geotextil Tejido según la especificación INVIAS Articulo 232-07, luego de conformar y compactar la subrasante y estabilizarla en los sectores donde se requiera, con una capa granular de crudo tipo piedra bola mínimo de 25cm de espesor, de tal manera que pueda aumentar la capacidad de soporte del suelo, se extenderá el Geotextil tejido compactado sobre él, se instalaran las capas granulares y el concreto hidráulico del pavimento, es de aclarar que la utilización de Geotextil en este caso se recomienda única y exclusivamente para separación de agregados.

10.2 CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Los materiales para construcción de las capas del pavimento, deberán cumplir las especificaciones técnicas recomendadas por la entidad contratante pudiéndose tomar como punto de referencia las normas INVIAS no siendo estas camisa de fuerza frente a su cumplimiento, pues se deben tener en cuenta las condiciones particulares y la clase de materiales existentes en cada región, los artículos a referenciarse son:

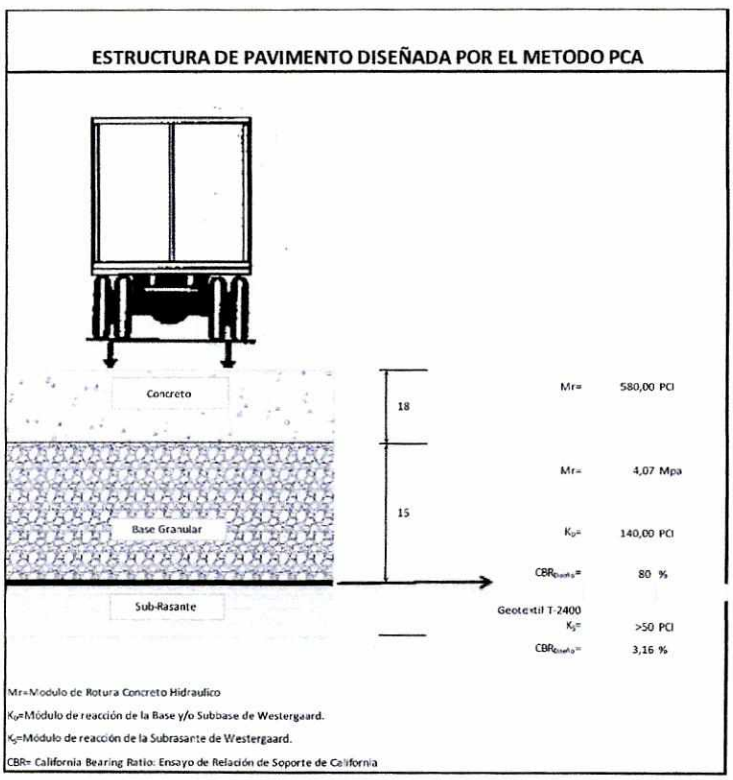
Art. 300-13. Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases granulares y bases granulares y estabilizadas.
Art. 230-13. Mejoramiento De La Subrasante
Art. 232-13. Estabilización de suelos de sub-rasante y capas granulares con Geotextil.
Art. 320-13. Norma para Sub-bases granulares.
Art. 330-13. Norma para Bases granulares.
Art. 500-13. Pavimentos de Concreto hidráulico.

11. CONCLUSIONES

Del análisis efectuado en el presente Informe Técnico, en base a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles estratigráficos obtenidos y al conocimiento de los suelos encontrados, se concluye:

- El diseño de pavimento rígido para el proyecto: **"MEJORAMIENTO Y ADECUACION DE LA RED VIAL Y URBANISMO EN EL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"**, se llevó a cabo en las direcciones mencionadas del casco urbano del municipio de Tame, departamento de Arauca.
- El estudio cuenta con una unidad de diseño caracterizada por la homogeneidad de la estratificación de los materiales encontrados en la zona por donde pasa las vías en diseño y por ende su capacidad de soporte.

- El suelo de fundación (o sub-rasante) están conformados por limos de baja plasticidad a nula clasificados como ML en un 8,33%, gravas limosas de plasticidad baja en un 54,17%, y arenas limosas de plasticidad baja a nula SM en un 37,5%.
- Para el área en estudio, el C.B.R. del suelo natural más desfavorable encontrado (del tipo SM) fue de 2,55%.
- El CBR de diseño calculado para este proyecto es de 3,16%.
- Dependiendo la época del año el nivel freático se encuentra a diferentes profundidades del terreno natural, al momento del estudio este se no encontró.
- Luego de un análisis exhaustivo de diferentes aspectos técnicos, económicos, ambientales entre otros, de todas las alternativas de diseño planteadas se determinó utilizar las siguiente estructuras vial:



ESPESOR (cm)	CAPA DE PAVIMENTO
18	Losa de concreto. Mr=4.0 MPa a los 28 días. Ensayo sobre vigas con carga en tercios de la luz.
15	Base granular, compactada al 95% de la densidad seca máxima del Proctor Modificado.
----	Geotextil tejido para separación de agregados según Art. 232-07 Estabilización de suelos de sub-rasante y capas granulares con Geotextil.

- La selección de la alternativa de diseño definitiva está en función de la metodología de diseño aplicada para la determinación de los espesores de las capas estructurales, de la calidad de los materiales empleados para la construcción de la estructura, así como la disponibilidad de los mismos cercanos a la zona de construcción, del sistema constructivo escogido y los costos que acarrearía cada alternativa.

12. RECOMENDACIONES

- La construcción de las capas estructurales del pavimento debe ceñirse a las especificaciones técnicas definidas por la entidad contratante, para garantizar así la calidad de los materiales como el proceso constructivo a seguir.
- Debido a la baja calidad de la subrasante se recomienda proteger esta con un Geotextil para separación de capas y limitar la perdida de finos de las capas granulares que aumentan la capacidad de soporte del suelo, adicionalmente los fallos deben ser manejados con un material que garantice el aumento de la capacidad de soporte como piedra bola o lo que en la región se denomina crudo.
- Luego de terminado el proceso constructivo del pavimento y haberse puesto en funcionamiento el mismo, deben ser contempladas durante el periodo de servicio de la estructura estrategias adecuadas de mantenimiento periódico a la misma, recomendándose hacer inspecciones visuales cada 6 meses con el fin de definir los planes de mantenimiento rutinario y periódico.
- Ante la incertidumbre del tránsito atraído, se deberá considerar la realización de conteos de verificación de tráfico, para plantear un plan de refuerzo de la estructura en caso de necesitarse.
- Se deberán garantizar adecuados sistemas de drenaje en el pavimento y su zona adyacente con el fin de evitar la acumulación de aguas de escorrentía superficiales sobre la estructura del pavimento. La condición topográfica de baja pendiente observada en el sitio y la información obtenida del sector, indican que la probabilidad de que se presente inundación y saturación de las capas del pavimento es muy alta.
- Se requiere la construcción de andenes y sardineles adyacentes a la vía con el fin de confinarla y mejorar su comportamiento, evitando también que se infiltre agua lluvia por los costados laterales del pavimento.
- Las calles que atraviesan la vía sirven de canales naturales de drenaje de la zona. Esta situación producirá deterioro prematuro del pavimento en las intersecciones. Con el fin de mitigar el daño mientras se recomienda la construcción de bordillos o sardineles de concreto en las zonas de intersección, así como cunetas y sumideros además de subdrenajes tipo filtros.
- En las zonas de pavimento adyacentes a estructuras fijas (alcantarillas y otras estructuras) deberán preverse juntas longitudinales con lámina de fibra y sellador en su parte superior y/o reforzarlas con varilla corrugada de 1/2" cada 30cm.
- El uso de acelerantes en el fraguado del concreto para vías urbanas puede ofrecer significativas ventajas en términos de tiempo y eficiencia. Sin embargo, es crucial seguir las recomendaciones técnicas y de seguridad para garantizar que el concreto resultante sea duradero y de alta calidad. La selección adecuada del tipo de acelerante, una dosificación precisa, el control de calidad y la

adaptación a las condiciones climáticas son aspectos fundamentales para el éxito de su aplicación y dependen del diseño de mezcla propuesto por el contratista que ejecute las obras y sea aprobado respectivamente por la interventoría.

- Un adecuado fraguado y curación del concreto es esencial para garantizar la durabilidad, resistencia y calidad final de las placas de concreto en proyectos de construcción. Es fundamental seguir prácticas óptimas de control de temperatura, vibrado, y métodos de curación, así como proteger la superficie del concreto durante las fases críticas del fraguado y la curación. Aplicar estas recomendaciones asegurará que el concreto alcance sus propiedades mecánicas deseadas y una larga vida útil.
- La correcta selección y aplicación del material de sello de juntas es esencial para garantizar la integridad y durabilidad del pavimento y esta depende de la disponibilidad y selección que realice el contratista de obra con aprobación de la interventoría. Los materiales selladores de juntas pueden ser de polímero de silicona, poliuretano, asfalto modificado y epóxicos son opciones que podrían recomendarse, sin embargo, su selección depende a lo evaluado en su momento por el contratista de obra e interventoría. Seguir las recomendaciones técnicas y las buenas prácticas de aplicación asegurará un rendimiento óptimo del sellador de juntas, contribuyendo a la longevidad del pavimento diseñado.
- Teniendo en cuenta que el ancho de la calzada en gran parte de los tramos estudiados de 7,3 m la modulación de las losas debe cumplir con las especificaciones recomendadas en este estudio y se muestran en los planos adjuntos al informe de diseño geométrico.
- Las conclusiones y recomendaciones establecidas en el presente Informe Técnico son sólo aplicables para el área en estudio.

13. BIBLIOGRAFÍA

LONDOÑO NARANJO, Cipriano y ALVAREZ PABÓN, Jorge Alberto. Manual de diseño de pavimentos de concreto: para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito / Cipriano Alberto Londoño Naranjo; Jorge Alberto Alvarez Pabón; Instituto Colombiano de Productores de Cemento. – Medellín: ICPC; 2008. 114p.

MONTEJO FONSECA, A. (2010). Ingeniería de Pavimentos Fundamentos, Estudios Básicos y Diseño Tercera Edición. Bogotá, Colombia.

CAL Y MAYOR, R. CARDENAS, J. (2007). Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones Octava Edición México, México

PROYECTOS TIPO DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN DNP (2020) Mejoramiento de vías terciarias. Bogotá, Colombia.

ALCALDÍA MUNICIPAL DE TAME. (2023). Plan de Ordenamiento Territorial de Tame. Plan de Ordenamiento Territorial de Tame. Tame, Arauca, Colombia.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington: AASHTO, 1986.1993. 1998. 2 vol.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. Design and construction of joints for concrete streets. Skokie: PCA, 1992.

14. ANEXOS

Anexo No. 1 – Documentos Profesional

CONTRATISTAS Y ASOCIADOS DEL LLANO G&B S.A.S.

NIT. 901.493.216-7

ANEXO No. 1

contratistasyasociadosgyb@gmail.com
3218121491-3148331151
Calle 26 No. 23-38 B. Miramar
Arauca - Arauca

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo **SERGIO ANDRES CLARO LOPEZ**, identificado con CC 5.468.552, en calidad de Ingeniero Civil con Magister Scientiae en Ingeniería Vial y matrícula profesional No. 54202-106833 NTS, certifico que realicé el DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO para el proyecto cuyo objeto es: **"MEJORAMIENTO Y ADECUACION DE LA RED VIAL Y URBANISMO EN EL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".**

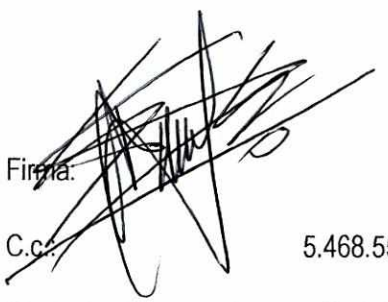
En consecuencia, asumo toda la responsabilidad referente al DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO y exonero al Departamento de Arauca, de cualquier responsabilidad, civil, penal o administrativa, por cualquier falta u omisión del presente DISEÑO.

Declaro así mismo, que asumo la responsabilidad por los perjuicios que por causa de ellos pueda deducirse, exonerando al Departamento de Arauca de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por el departamento no constituye una aprobación al estudio y/o diseño, sino una verificación del cumplimiento de las normas aplicables.

Se expide a los doce (12) días del mes de abril de 2024.

Atentamente,



Nombre: **SERGIO ANDRÉS CLARO LOPEZ.** Firma:

Profesión: Ingeniero Civil C.c.: 5.468.552

Título de post-grado: Magister Scientiae en Ingeniería Vial Matrícula Profesional No 54202-106833 NTS

CARTA DE CESION DE DERECHOS

Yo **SERGIO ANDRES CLARO LOPEZ**, identificado con CC 5.468.552, en calidad de Ingeniero Civil con Magister Scientiae en Ingeniería Vial y matrícula profesional No. 54202-106833 NTS, certifico que realicé el DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO para el proyecto cuyo objeto es: "**MEJORAMIENTO Y ADECUACION DE LA RED VIAL Y URBANISMO EN EL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".**

Por lo anterior, manifiesto ceder plenamente los derechos al Departamento de Arauca.

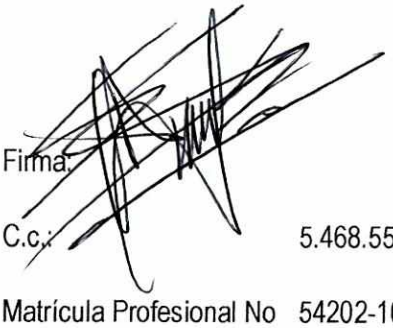
La duración de los derechos cedidos será por término indefinido a partir de la fecha de la firma de la presente carta de cesión de derechos.

Para los fines pertinentes, anexo:

- Copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional
- Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios (profesionales)
- Copia de la cédula de ciudadanía.

Se expide a los doce (12) días del mes de abril de 2024.

Atentamente,



Nombre: **SERGIO ANDRÉS CLARO LOPEZ.** Firma:

Profesión: Ingeniero Civil C.c.: 5.468.552

Título de post-grado: Magister Scientiae en Ingeniería Vial Matrícula Profesional No 54202-106833 NTS

REPÚBLICA DE COLOMBIA

COPNIA

Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Matrícula Profesional No.

54202-106833 NTS

Fecha de Expedición: **22/04/2004**

Nombre:
SERGIO ANDRES
CLARO LOPEZ
Identificación:
C.C. 5468591
Profesión:
INGENIERO CIVIL
Institución:
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER



REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2024-2707983

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que SERGIO ANDRES CLARO LOPEZ, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 5468552, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 54202-106833 desde el 22 de Abril de 2004, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 161.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veinticinco (25) días del mes de Abril del año dos mil veinticuatro (2024).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.



República Bolivariana de Venezuela

Mario Bonucci Rossini

Rector de la

Universidad de Los Andes

De acuerdo con la autoridad que le otorga la Ley, y por cuanto

Sergio Andrés Claro López

V. 5.468.552

ha cumplido y aprobado satisfactoriamente los estudios y demás requerimientos establecidos en el programa académico respectivo, le confiere el grado de

Magister Scientiae

en

Ingeniería Vial

Dado en la ciudad de Mérida, a los **veintiseis** *días del mes de* **Octubre** *de* **dos mil diez** *y* **200** *de la Independencia y* **151** *de la Federación.*

El Decano Oscar Camacho

El Rector

El Secretario

Inscrito FOLIO: 257
TOMO: V

República Bolivariana de Venezuela
Registro Principal del Estado Mérida
Mérida, 25 de 02 de 2011
Año 200 N° 1513 Folio 377
N° 141 Folio 282 Tomo 1°
Protocolo Principal y Cuarto Trimestre del Registro
F.35 Tomo 2003316 Dos
Registrador Principal 9018:366-255

SAREN



REPÚBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

RESOLUCIÓN NÚMERO 5150

(7 MAYO 2013

Por medio de la cual se resuelve una solicitud de convalidación

LA DIRECTORA DE CALIDAD PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR
en ejercicio de sus atribuciones legales y en especial las que le confiere el Decreto 5012 de 2009 y las Resoluciones No.2763 del 13 noviembre de 2003 y No.3926 del 12 de mayo de 2011

CONSIDERANDO:

Que SERGIO ANDRÉS CLARO LÓPEZ, ciudadano colombiano, identificado con cédula de ciudadanía No.5.468.552, presentó para su convalidación el título de MAGÍSTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA VIAL, otorgado el 26 de octubre de 2010, por la UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, VENEZUELA, mediante solicitud radicada en el Ministerio de Educación Nacional con el No. 2012ER143150-43339/12.

Que SERGIO ANDRÉS CLARO LÓPEZ canceló la suma de $472.000 por concepto de estudio para la convalidación del título cursado y obtenido en el exterior, de acuerdo con lo establecido en el artículo 4° de la Resolución 2590 de 2012.

Que de conformidad con lo dispuesto en el Decreto 5012 de 2009, corresponde al Ministerio de Educación Nacional convalidar los títulos de educación superior otorgados por instituciones de educación superior extranjeras de acuerdo con las normas vigentes.

Que en virtud del artículo 3° de la Resolución 5547 del 1° de diciembre de 2005 y el artículo 178 del Decreto 019 del 10 de Enero de 2012, uno de los criterios aplicables para efectos de la convalidación de títulos de educación superior otorgados por instituciones extranjeras, es el de *Caso similar*, el cual establece que *"Cuando el título que se somete a convalidación, corresponda a un programa académico que hubiera sido evaluado con anterioridad por el Ministerio de Educación Nacional o el ICFES, se resolverá aplicando la misma decisión que en el caso que sirve como referencia. Para tal efecto, deberá tratarse del mismo programa académico, ofrecido por la misma institución y con una diferencia entre las fechas de otorgamiento de los dos títulos que no podrá exceder los ocho (8) años."*

Que en un caso similar al considerado en el presente acto administrativo, el Ministerio de Educación Nacional, mediante resolución No. 5528 del 2 de julio de 2010, convalidó un título otorgado el 6 de noviembre de 2009, por la misma universidad y correspondiente al mismo programa académico, previa evaluación de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI-.

Que con fundamento en las anteriores consideraciones y después de haber estudiado la documentación presentada, se concluye que es procedente la convalidación solicitada.

En mérito de lo expuesto,

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- Convalidar y reconocer para todos los efectos académicos y legales en Colombia, el título de MAGÍSTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA VIAL, otorgado el 26 de octubre de 2010, por la UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, VENEZUELA, a SERGIO ANDRÉS CLARO LÓPEZ, ciudadano colombiano, identificado con cédula de ciudadanía No.5.468.552, como equivalente al título de MAGÍSTER EN INGENIERÍA VIAL, que otorgan las instituciones de educación superior colombianas de acuerdo con la Ley 30 de 1992.

PARÁGRAFO.- La convalidación que se hace por el presente acto administrativo no exime al profesional beneficiario del cumplimiento de los requisitos exigidos por las normas que regulan el ejercicio de la respectiva profesión.

ARTÍCULO SEGUNDO.- La presente resolución rige a partir de la fecha de su expedición y contra la misma procede el recurso de reposición, que debe ser presentado dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a su notificación de conformidad con el artículo 76 de la ley 1437 de enero 18 de 2011.

NOTIFÍQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Bogotá D. C., a los - 7 MAYO 2013

LA DIRECTORA DE CALIDAD PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR.

ALEXANDRA HERNÁNDEZ MORENO

Jlopez 24/04/2013

REPUBLICA DE COLOMBIA

IDENTIFICACION PERSONAL

CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO **5.468.552**

CLARO LOPEZ

APELLIDOS

SERGIO ANDRES

NOMBRES

FIRMA





INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO **18-SEP-1980**

OCAÑA

(NORTE DE SANTANDER)

LUGAR DE NACIMIENTO

1.70 ESTATURA

O+ G.S. RH

M SEXO

23-OCT-1998 OCAÑA

FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL

CARLOS ARIEL SANCHEZ TORRES

A-2505400-00189720-M-0005468552-20091023 **00174**14516A 1 7600105209