

**CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO DE LA VÍA
BAGADÓ – EL CARMELO, MUNICIPIO DE BAGADÓ – DEPARTAMENTO DEL
CHOCÓ**

**PRESENTADO POR:
CAMPO ELIAS PALOMEQUE SERNA**

**ASESOR:
Ing. ADÁN SILVESTRE G**

**UNIVERSIDAD LIBRE DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN MOVILIDAD Y TRANSPORTE
MAYO 2021**

A Dios, mi hogar (esposa e hijos),mi familia y a todos los seres que contribuyeron con este sacrificio y esfuerzo, para ampliar mis conocimientos, hacia un futuro mejor.

Tabla de contenido

1.	RESUMEN	9
2.	INTRODUCCIÓN	11
3.	OBJETIVOS	15
3.1	Objetivo General	15
3.2	Objetivo Específico	15
3.3.	Alcance.....	16
4.	GENERALIDADES DE LA VÍA	17
4.1.	Localizacion Del Sector.....	17
4.1.1	Departamento Del Chocó Aspectos Generales	19
4.1.2.	Aspectos Generales Municipio De Bagadó	23
4.1.3	Aspectos Generales Municipio De Tadó.	25
4.2.	Condiciones Climáticas Regionales, Hidrología, Relieve	25
4.2.1	Clima Y Temperatura.	25
4.2.2.	Geología.	27
4.3.	Aspectos Generales De La Vía.....	30
	La realización de este proyecto beneficiara a todos los habitantes del municipio de Bagadó.	31
4.4	Condiciones Generales De La Via.....	31
4.5	Informacion Consultada.	32
4.6	Trabajo de campo.	32
5.	EVALUACIÓN GEOTÉCNICA	34
5.1	Ejecucion De Exploraciones.....	35

5.1.1 Resultados De Los Ensayos De Campo	35
5.1.2 Perfil estratigráfico de los suelos encontrados.....	38
6. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE SUELO DE FUNDACIÓN DEL PROYECTO	39
6.1 Perfil De Suelos.....	39
6.1.1. Perfil Estratigráfico Apique Numero 1: K0+000.	39
6.1.2. Perfil Estratigráfico Apique Numero 2: K0+700.	39
6.1.3. Perfil Estratigráfico Apique Numero 3: K1+400.	39
6.1.4. Perfil Estratigráfico Apique Numero 4: K2+100.	40
6.1.5. Perfil Estratigráfico Apique Numero 5: K2+800.	40
6.1.6. Perfil Estratigráfico Apique Numero 6: K3+500.	40
6.1.7. Perfil Estratigráfico Apique Numero 7: K4+200.	40
6.1.8. Perfil Estratigráfico Apique Numero 8: K4+900.	41
6.1.9. Perfil Estratigráfico Apique Numero 9: K5+600.	41
6.1.10. Perfil Estratigráfico Apique Numero 10: K6+300.	41
6.1.11. Perfil Estratigráfico Apique Numero 11: K7+000.	41
6.1.12. Perfil Estratigráfico Apique Numero 12: K7+700.	41
6.1.13. Perfil Estratigráfico Apique Numero 13: K8+500.	42
6.1.14. Perfil Estratigráfico Apique Numero 14: K9+200.	42
6.2. Material Granular.....	42
6.3 Subrasante.....	43
6.4. Nivel freático.....	43
6.5. Potencial de expansión.....	43

6.6. Estimación de la capacidad portante – Valor del CBR de diseño.....	45
7.TRÁNSITO	47
7.1 Antecedentes.	47
7.1.1. Informacion Existente.	48
7.2. Metodología Y Diagnostico.....	48
7.2.1. Enfoque Del Estudio.	48
7.2.2. Actividades Desarrolladas.	49
7.3. Descripción Del Proyecto.....	51
7.3.1. Localización General	51
7.3.2. Recopilación y análisis de información secundaria.	52
7.3.3. Composicion vehicular.	52
8. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	57
8.2 Tipos De Pavimentos (Alternativas De Diseño).....	59
8.1.1. Pavimento Con Mezcla Asfáltica.	59
8.1.2. Pavimento En Concreto Hidráulico.	59
8.2. Determinación del tipo de pavimento a diseñar.....	60
8.3 . Metodologia De Diseño - ICPC/Invias.....	61
8.3.1. Modulo De Reaccion K De La Superficie En La Que Se Apoya El Pavimento.	62
8.4. Evaluacion De La Variable Transito.	63
8.5. Evaluacion De La Variable Clima.....	64
8.6. Criterios De Diseño ICPC/INVIAS.....	66
8.7. Tránsito Y Periodo De Diseño.....	66

8.8. Aplicación Del Módulo De Reaccion K De La Superficie En La Que Se Apoya El Pavimento.....	68
8.8.1. Ensayo de CBR.	68
8.9. Material De Soporte Del Pavimento.....	70
8.10. Características De Los Concretos.....	71
8.11. Transferencia De Carga Y Confinamiento Lateral.	71
8.12. Estructuras Propuestas.....	72
8.13. Sistema De Transmision De Carga.....	74
8.14. Modulación De Las Losas.....	77
8.15. Diseño De Las Juntas De Expansion.....	78
9. DRENAJES Y SUBDRENAJES	78
10. RECOMENDACIONES	81
11. CONCLUSIONES	82
12. BIBLIOGRAFÍA	83

LISTA DE TABLAS

TABLA: 1	Municipios del departamento del Chocó
TABLA: 2	Normatividad para ensayos.
TABLA: 3	Resultado de los ensayos de laboratorio
TABLA: 4	Criterio teórico de Chen.
TABLA: 5	Evaluación del potencial de expansión de acuerdo con NSR-10
TABLA: 6	CBR
TABLA :7	Tipos de vehículos
TABLA: 8	Composición vehicular
TABLA :9	Factores de equivalencia
TABLA: 10	Proyección vehicular.
TABLA: 11	CBR Escogido
TABLA:12	Relaciones de intensidad – duración – frecuencia.
TABLA: 13	Categoría de tránsito para la selección de espesores
TABLA: 14	Tipos de vías
TABLA :15	Clasificación de la subrasante
TABLA :16	Clasificación de los materiales de soporte.
TABLA :17	Valores de la resistencia a la flexotraccion.
TABLA :18	Determinación del sistema de transferencia de carga y confinamiento
TABLA :19	Espesor de capa de rodadura
TABLA :20	Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga.
TABLA :21	Barras de anclaje según el espesor de la losa.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA:1 Localizacion Municipio Bagado

- FIGURA:2 Estado actual de la vía
- FIGURA:3 Mapa geologico regional
- FIGURA:4 Marco geotécnico de Colombia
- FIGURA:5 Mapa geologico regional
- FIGURA:6 Mapa geologico del sitio
- FIGURA:7 Descripción gráfica de los tipos de suelos
- FIGURA:8 Índice plástico (IP%) entre el K0+000 a K10+995
- FIGURA:9 Capacidad portante – valor del CBR de diseño entre el K0+000 a K10+995
- FIGURA:10 Capacidad portante – valor del CBR de diseño entre el K0+000 a K10+995,
Definido
- FIGURA:11 Curvas de intensidad.
- FIGURA:12 Nomograma para determinar el Módulo de reacción
- FIGURA:13 Estructura de pavimento
- FIGURA:14 Colocación de Pasadores de Carga
- FIGURA:15 Colocación de Junta Longitudinal.
- FIGURA:15 Juntas de expansión alrededor de elementos incorporados dentro del
pavimento

1. RESUMEN

El objetivo del proyecto corresponde a el mejoramiento de las condiciones de movilidad para el municipio, mediante la construcción de pavimento rígido en la vía de acceso a Bagadó

Considerando que la intervención a realizarse pertenece a vías terciarias, es responsabilidad de los municipios, directa o indirectamente, con recursos propios, del Sistema General de Participaciones u otros recursos, promover, financiar o cofinanciar proyectos de interés municipal y en especial construir y conservar la infraestructura municipal de transporte, y aquellas que sean propiedad del municipio, conforme lo establecido en el Artículo 76 de la Ley 715 de 2001.

Así mismo, en el artículo 17 de la Ley 105 de 1993, determina que hace parte de la infraestructura municipal de transporte, las vías Terciarias, suburbanas y aquellas que sean propiedad del Municipio, y adicionalmente establece en su artículo 20, que corresponde al Ministerio de Transporte, a las entidades del Orden Nacional con responsabilidad en la infraestructura de transporte y a las Entidades Territoriales, la planeación de su respectiva infraestructura de transporte, determinando las prioridades para su conservación y construcción.

Este documento plantea un resumen del proyecto que garantice el desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del municipio de Bagadó.

La vía a intervenir se encuentra en mal estado, intransitable y con restricciones de tránsito, además, el deficiente mantenimiento vial son las causas más probables de afectación.

PROBLEMÁTICA Y NECESIDADES A CUBRIR: La vía a intervenir se encuentra en una precaria condición debido a la falta de mantenimiento.

Actualmente es difícil el tráfico vehicular por esta vía, debido al gran deterioro que presenta en su carpeta de rodadura y la falta de mantenimiento.

Por lo anterior, es necesario que el municipio tenga la vía de acceso en buen estado y se mantenga en debidas condiciones.

2. INTRODUCCIÓN

Se desarrollan los estudios y diseños para el mejoramiento de este tramo de la carretera, con el fin de mejorar las condiciones de transitabilidad aumentando las posibilidades de desarrollo que puede generar al departamento del Choco. El proyecto se encuentra localizado entre los municipios de Tadó y Bagadó en el departamento del Choco.

El diseño efectuado parte de la información existente, la evaluación geotécnica efectuada por parte de la empresa Construcciones Lozano S.A.S. En el 2020, a partir de la ejecución de apiques y el estudio de tránsito realizado para la carretera en mención. Por otro lado, con el conocimiento de dicha información, los autores del estudio en mención han determinado todos los parámetros y variables que se necesitan para la ejecución de este diseño. Es así como se desarrolla en el presente trabajo el diseño de la estructura del pavimentos, correspondiente a este tramo de carretera vial. Dicho informe presenta inicialmente un resumen de la información con la que se cuenta, una descripción geotécnica, el análisis de las variables empleadas en la modelación de las propuestas de intervención y finalmente la propuesta de intervención correspondiente, la cual se encuentra en función del tránsito proyectado para determinado período y de la calidad del material de soporte.

El trabajo consiste fundamentalmente en la recopilación de información en campo, información de tránsito, geotécnica existente, fuentes de materiales y la información necesaria para concluir con el cálculo de espesores de la estructura de pavimento, con el fin de tener un diseño confiable.

Como resultado, se obtiene un diseño estructural para un pavimento técnica y económicamente aplicable a las condiciones generales de la zona. El diseño

desarrollado hace un aporte, para que esta via sirva como uno de los principales polos de desarrollo del municipio de Bagadó.

Como la opción más viable en terminos de durabilidad, calidad, mantenimiento, disponibilidad de materiales y mano de obra, interaccion con el medio ambiente, costos de construcción y mantenimiento a largo plazo, se deternina que el pavimento de concreto hidráulico es la opción mas recomendada; el cual posee una estructura compuesta por una losa en concreto hidráulico de espesor (D) fabricado con materiales de la zona, que se apoya sobre materiales granulares debidamente compactados también provenientes de la zona, el único material que es utilizado masivanente y debe ser llevado a la zona es el cemento.

El objetivo del proyecto es establecer un diseño de estructuras en función de las variables más importantes que inciden en la determinación de los espesores y calidades de las capas. Este diseño se construye con base en los métodos más conocidos en el país como el de la Portland Cement Association -PCA- versión 1984 y el de la American Association of State Highway And Transportation Officials -AASHTO- versión 1993.

El método de la PCA consiste en hallar los espesores mínimos que garanticen que los esfuerzos que lleguen al suelo de soporte no sobrepasen a los admisibles por el suelo de soporte. Las consideraciones básicas del método de la PCA permiten tener en cuenta algunos aspectos que antes no se tenían en cuenta por método alguno. Estas consideraciones son:

El grado de transferencia de carga proporcionado en las juntas transversales en los pavimentos de concreto hidráulico.

El efecto de usar bermas de concreto adyacentes al pavimento, las cuales reducen los esfuerzos de flexión y las deflexiones producidas por las cargas de los vehículos.

La posibilidad de colocar el pavimento sobre la subrasante siempre y cuando cumpla con los valores mínimos de resistencia, o el uso de materiales granulares con características de sub-base para usarlo como suelo de soporte sobre el cual se funda la losa de concreto.

Esta metodología utiliza dos criterios principales de diseño que son:

FATIGA: dá la pauta para determinar los espesores que debe tener el pavimento para protegerlo contra la acción de los esfuerzos producidos por la acción repetida de las cargas.

EROSIÓN: permite limitar los efectos de la deflexión del pavimento en los bordes de las losas, juntas y esquinas, y controlar así la erosión de la fundación y de los materiales de las bermas. Este criterio es importante para controlar algunas fallas del pavimento tales como el bombeo, el escalonamiento de las losas y el deterioro de las bermas.

Los ejes tridem pueden ser considerados en esta metodología, a pesar de que los ejes sencillos y tandem constituyen las cargas predominantes.

El método AASHTO es desarrollado en la publicación AASHTO Guide for Design of Pavement Structure. En este se incluyen los avances sobre la comprensión del funcionamiento de los pavimentos a la luz de las mediciones hechas en el ensayo vial AASHTO, incluyendo los parámetros de diseño como son el drenaje y la erosionabilidad de la base, buscando incorporar el mayor número de variables en el diseño del pavimento.

En esencia este método determina el espesor de un pavimento de concreto para que este pueda soportar el paso de un número determinado de ejes equivalentes de 8.2t sin que se produzca una disminución en el índice de servicio PSI

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Diseñar la estructura del pavimento rígido del tramo Carmelo Bagadó, mediante los métodos de la AASHTO, PCA E INVIAS.

3.2 Objetivo Específico

Establecer los espesores de la estructura del pavimento tramo Carmelo Bagadó, entre las abscisas K0+000 – K10+970 de la via Tadó y Bagadó.

3.3. Alcance

Con la estimación del tránsito de diseño en términos de repeticiones esperadas por tipo de eje y del número de ejes equivalentes, la caracterización de la capacidad portante de la subrasante, y las propiedades mecánicas de las capas constitutivas del pavimento además de la inclusión de otras variables propias de cada método de diseño se determinan los espesores de la estructura; basado en los lineamientos de cada metodología, estos permiten controlar cada uno de los factores que contribuyen al deterioro de la estructura del pavimento, lo cual las hace capaces de resistir cargas impuestas por el tránsito y la acción del medio ambiente para luego transmitir al suelo de apoyo esfuerzos y deformaciones admisibles.

La tipología geotécnica de suelos de subrasante hace necesario diseñar la forma de mejoramiento del mismo en función de la capacidad de soporte estimada con las pruebas realizadas al terreno, con respecto a las solicitadas con lo que se generan procedimientos de construcción especiales para los pavimentos, por sectores más o menos homogéneos, y desarrollar un trabajo mas expedito y menos costoso.

4. GENERALIDADES DE LA VÍA

4.1. Localización Del Sector.

El proyecto se localiza al occidente del país, en la parte centro oriental del Departamento del Choco en las estribaciones de la Cordillera Occidental, se ubica aproximadamente a 110 kilómetros de la ciudad de Quibdó capital del Departamento del Choco por vía terrestre. Este proyecto tiene una longitud aproximada de 10.97 kilómetros, y no cuenta con capa de pavimento.

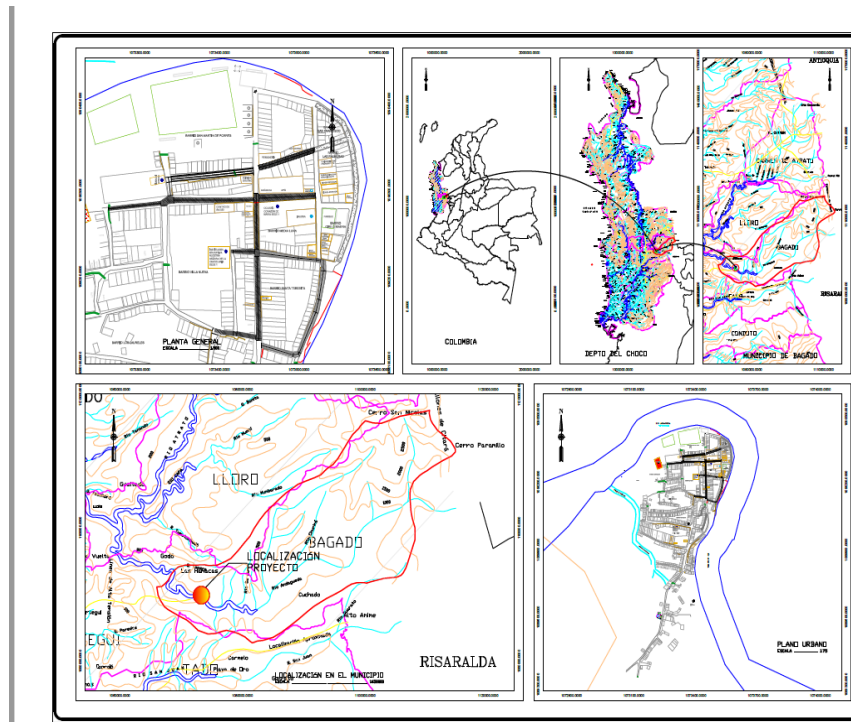


Figura 1. Localización municipio de Bagadó

Fuente. www.invias.gov.co



Figura 2. Estado actual de la vía

Fuente Propia

4.1.1 Departamento Del Chocó Aspectos Generales

El Departamento de Chocó está situado en el occidente del país, en la región de la llanura del Pacífico; localizado entre los 04°00'50'' y 08°41'32'' de latitud norte y los 76°02'57'' y 77°53'38'' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 46.530 km² lo que representa el 4.0 % del territorio nacional. Limita por el norte con la República de Panamá y el mar Caribe, por el este con los departamentos de Antioquia, Risaralda y Valle del Cauca, por el Sur con el departamento del Valle de Cauca, y por el oeste con el océano Pacífico.

El departamento del Chocó está dividido en 30 municipios, 147 corregimientos, 135 inspecciones de policía, así como, numerosos caseríos y sitios poblados. Los municipios están agrupados en 16 círculos notariales, con un total de 17 notarías, un círculo principal de registro con sede en Quibdó y 3 oficinas seccionales de registro con sede en los municipios de Quibdó, Istmina y Nuquí; un distrito judicial, Quibdó, con 2 cabeceras de circuito judicial en Quibdó e Istmina.

TABLA 1: MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ

MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE CHOCO				
Quibdo	Acandi	Alto Baudó (Pie de Pato)	Atrato	Bagadó
Bahia Solano	Bajo Baudó (Pizarro)	Litoral del san Juan	Bojayá (Bellavista)	Canton de san Pablo
Carmen del Darien	Certegui	Condoto	El Carmen	Istmina
Jurado	Lloró	Medio Atrato	Medio Baudó (Boca de Pepe)	Medio san Juan
Nóvita	Nuquí	Rio Iro	Rio Quito	Riosucio
San Jose del Palmar	Sipí	Tadó	Unguia	Unión Panamericana

Fuente. Pagina web DANE



Figura .Ubicación del proyecto.

Fuente. www.invias.gov.co

El territorio del departamento del Chocó está conformado por las cuencas de los ríos Atrato, San Juan y Baudó, cubierto en su mayor parte por selva ecuatorial. En este marco geográfico se distinguen varias unidades fisiográficas. La faja litoral dividida por el cabo Corrientes; considerado como el accidente más importante de la Costa Pacífica, dividida en dos sectores, al norte de éste, es rocosa y acantilada, con numerosos accidentes, entre ellos, las bahías de Humboldt, Chirichire, Nabugá y Solano, que favorecen el establecimiento de puertos; al sur del mencionado cabo, la costa es baja, anegadiza, cubierta de manglares y cruzada por brazos, caños y esteros que forman los deltas de los ríos que desembocan en el Pacífico.

La Serranía del Baudó, paralela a la costa pacífica, con alturas que alcanzan los 1.810 m sobre el nivel del mar, en el alto del Buey. Cuencas de los ríos Atrato y San Juan; estos dos ríos corren en sentido opuesto, formando grandes deltas en sus desembocaduras, la primera de ellas en el mar Caribe, y la segunda en el océano Pacífico. La Serranía del Darién, que es un conjunto de elevaciones, cubiertas de densas selvas y le sirve de límite con la República de Panamá; más conocida como el Tapón del Darién. Finalmente, el flanco oeste de la cordillera Occidental, donde sobresalen algunos accidentes orográficos como la serranía de los Paraguas, los farallones de Citará y los cerros Iró, Tamaná, Tatamá y Torrá.

La economía del departamento del Chocó es frágil, depende de la minería, la explotación forestal, la pesca, la agricultura y la ganadería. La minería se concentra principalmente en la extracción de oro, le siguen en menor proporción la plata y el platino, aunque existen además yacimientos de caliza, molibdeno y cobre. La explotación forestal ha sido intensa y actualmente representa una amenaza para los ecosistemas del departamento.

El desarrollo industrial del Chocó es, junto con Sucre y los departamentos de la Orinoquía y la Amazonía, de los más bajos del país, sobresaliendo la manufactura agrupada en productos alimenticios, bebidas y muebles de madera. Los principales centros poblados y económicos son Quibdó, la capital, Istmina, Nóvita; Acandí en la costa del mar Caribe, y Solano en la costa del océano Pacífico. En las últimas décadas el turismo se ha convertido en una fuente menor de ingresos.

El sistema vial del departamento del Chocó consta de dos vías de comunicación.

La primera que une a el choco con el departamento de Medellín.

La segunda que une al choco con el departamento de Risaralda.

Debido a la escasa red vial terrestre, su principal sistema de comunicación es el fluvial, pues, la mayor parte de sus ríos son navegables por medianas y pequeñas embarcaciones; posee dos inspecciones fluviales, la de Riosucio sobre el río Atrato y la de Istmina sobre el río San Juan.

El departamento del Chocó ofrece innumerables atractivos turísticos desde el punto de vista natural, cultural y científico. Entre los principales lugares de interés turístico sobresalen los parques nacionales naturales los Katíos, Utría y Tatamá. Selvas y playas vírgenes ofrecen a sus visitantes la flora y la fauna más exóticas del trópico: manglares con hábitat exclusivos.

De sus suelos de origen volcánico brotan manantiales termales que permiten compararse con ciertas zonas de Hawai. Sus tranquilas aguas permiten la práctica deportiva como el esquí, buceo, pesca y deportes de vela, entre otros.

4.1.2. Aspectos Generales Municipio De Bagadó

El Municipio de Bagadó está localizado al occidente del país, en la parte centro Oriental del Departamento del Choco en las estribaciones de la Cordillera Occidental, este municipio cuenta con 2 vías de comunicación. Fluvial la cual se ubica aproximadamente a 80 kilómetros de la ciudad de Quibdó capital del Departamento del Choco. Y terrestre la cual se ubica aproximadamente a 100 kilometros de la ciudad de Quibdó. Cruzando por el municipio de Atrato y el municipio de Tadó.

- Por el norte: con Lloró y el Carmen de Atrato
- Por el este: con el departamento de Antioquia
- Por el sur: con Tadó y el departamento de Risaralda

➤ Por el oeste: con Tadó y Lloró.

La cabecera está ubicada a la margen izquierda del río Andagueda a 05 °24'32" de latitud norte y los 76°25'16" de longitud oeste del meridiano de Greewinch. El territorio tiene un área aproximada de 979 Km², hace parte de la cuenca del río Andagueda abundante en recursos hídricos que nacen en su parte alta, en las estribaciones de la cordillera Occidental y en recursos naturales los cuales constituyen sus principales fortalezas en materia de riqueza biodiversa.

La producción minera, base de su economía y el futuro del desarrollo turístico a través del corredor Eje Cafetero – Litoral – Animas – Quibdó - Medellín, lo convierten en el municipio con mejores perspectivas de desarrollo en el Chocó, por ser sitio obligado de tránsito con el interior del país. Tiene una altura promedio de 78 mts sobre el nivel del mar, El municipio presenta un clima cálido ardiente, con temperatura promedio 28°C° se encuentra a 45 km de Quibdó.

La actividad económica municipal gira alrededor de la agricultura seguido de la minería artesanal y la explotación forestal, la primera ha sido la mayor y principal fuente de ingresos y empleo de la región, también seguido por un alto porcentaje en la rama de minería como parte de ingreso a los hogares, la explotación forestal es de subsistencia.

La minería tecnificada, que se realiza en la casi totalidad del territorio municipal, esta generando, erosión y alta sedimentación de las cuencas de los ríos menores, los que pierden su cauce e invaden los centros poblados poniendo en riesgo a las comunidades. Esta actividad ha incidido directamente en el agotamiento de la pesca en ríos y quebradas. Como se observa, son pocas las comunidades dedicadas al cultivo de pan coger, el cual esta representado en:

plátano, maíz, ñame, yuca, y frutales como: borojó, zapote, papaya, piña, aguacate, guanábana, guayaba, cítricos, chontaduro, mil pesos y coco. La actividad pecuaria se reduce a la cría de aves, principalmente pollos y al levante de cerdos de razas criollas de baja producción de carne, el cultivo de peces.

4.1.3 Aspectos Generales Municipio De Tadó.

El Municipio de Tadó está ubicado en la parte oriental del departamento del Chocó, dentro de la zona del Alto San Juan, con un área aproximada de 878 Km², su cabecera municipal está ubicada a 76°73'10" de longitud occidental, al margen izquierdo del río san Juan y a la derecha del río Mungarrá. Cuenta con una vía de comunicación terrestre la cual se ubica aproximadamente a 70 kilómetros de la ciudad de Quibdó.

Por el norte: con Certegui y Bagadó

Por el este: con el departamento de Risaralda

Por el sur: con río Iro

Por el oeste: con Unión Panamericana

La minería, cuya marca se ve a la distancia de la explotación sin control de sus minas de oro y platino: tierra revolcada; sin embargo, su riqueza minera aún subsiste y conserva lugar privilegiado en el departamento. Otras actividades, forestal, la agricultura y la ganadería

4.2. Condiciones Climáticas Regionales, Hidrología, Relieve

4.2.1 Clima Y Temperatura.

El sistema hidrográfico del departamento del Chocó es uno de los más abundantes e interesantes del país, debido principalmente a que es uno de los sectores con mayor promedio

de lluvias en el mundo. Cuenta con los ríos Atrato, San Juan y Baudó, como sus principales, aunque cuenta con otros ríos importantes como Andágueda, Bebará, Bebaramá, Bojayá, Docampadó, Domingodó, Munguidó, Opogodó, Quito, Salaquí, Sucio y Tanela.

El territorio departamental del Chocó se halla dentro de la zona de calmas ecuatoriales, caracterizada por la alta pluviosidad, con registros superiores a los 9.000 mm de precipitación anual. La temperatura de sus valles y tierras bajas costaneras es superior a los 27°C, por lo general acompañada de alta humedad relativa (90%); estos factores que han sido desfavorables para la incorporación total de este territorio a la economía nacional. La vegetación, como consecuencia de su ubicación y clima, es muy variada y rica. En el departamento se encuentra el parque nacional natural Utría y comparte con el departamento de Antioquia, el parque nacional natural de los Katíos, y con los departamentos Risaralda y Valle del Cauca, el parque nacional natural de Tatamá.

El clima y la humedad que predominan en la región donde es presentada la propuesta de intervención de la estructura de pavimento tienen gran importancia en el funcionamiento de éste. Las condiciones climáticas de la región en que se encuentra la vía en estudio son:

temperatura media del corredor: la temperatura media del corredor es de 26.5 °C, obtenido de la estación climatológica número 1104501, ubicada en el municipio de Quibdó (Ver Anexo 2.2.1).

Precipitación: >7000mm según datos registrados en las estaciones climatológicas número 1104501, 5401001 y 1103001, ubicadas en los municipios de Quibdó, Istmina y Certegui respectivamente. (Ver Anexo 2.2.1).

4.2.2. Geología.

El departamento del Chocó está constituido por unidades – roca ígneas volcánicas, plutónicas, y sedimentarias cuyas edades se han asignado desde el Cretácico inferior hasta el reciente La cuenca del Atrato –San Juan hasta la región de Urabá, corresponde a un sinclinatorio con más de 60.000 m de sedimentos marinos con edades comprendidas entre el Cretácico Superior tardío y el Plioceno (Barlow, 1981; Duque–Caro, 1999 b). Para este último autor, con base en el estudio litoestratigráfico de la cuenca del Atrato, la sutura del terreno Cuna o Bloque del Chocó a la cordillera Occidental (Terreno Calima de Toussaint & Restrepo, 1988) tuvo lugar durante el Mioceno Medio, produciendo importantes acortamientos de la corteza en todo el territorio colombiano. (Tomado de informe de estudio de geología para ingeniería y geotecnia –GEO-CMED851-09)

Las rocas cretáceas están conformadas por cuerpos ígneos afines generadas en arcos Volcánicos inmaduros. Sobre estos se depositaron sedimentos turbidíticos de origen terrígeno, miembro Urrao los cuales se interdigitan hacia el occidente con sedimentos biogénicos y químicos de la formación Penderisco (GONZALEZ, 2001). Las rocas cenozoicas afloran como cuerpos elongados, como las formaciones Uva, Napipi y Sierra.

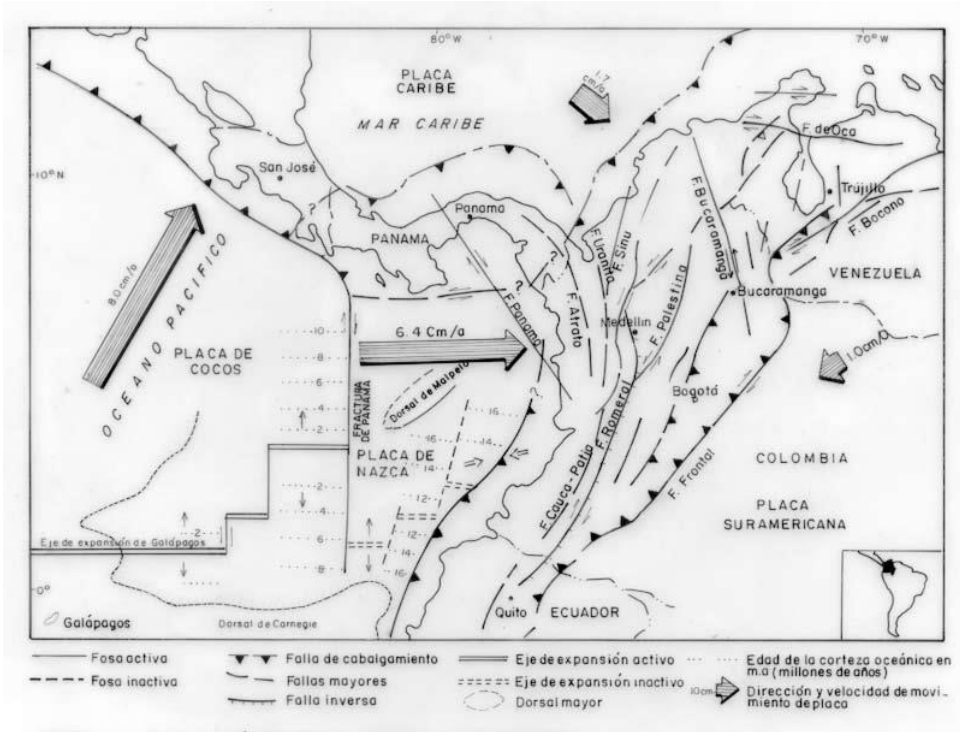


Figura 4. - Marco geotécnico de Colombia

Fuente: INGEOMINAS

El basamento de la Cordillera Occidental de edad cretácica superior está conformado por una secuencia volcánico-sedimentaria de afinidad oceánica (ALVAREZ y GONZÁLEZ, 1978), las rocas sedimentarias por su parte fueron definidas como Formación Penderisco del Grupo Cañasgordas, con los miembros Urrao y Nutibara (ALVAREZ y GONZÁLEZ, 1978).

La parte occidental de Colombia está localizada dentro de la zona de convergencia de las placas Caribe, Nazca y Suramérica. Varios autores consideran que los materiales que forman la Cordillera Occidental fueron apilados en un complejo acrecionario contra el borde occidental de Suramérica (Etayo et al., 1983; Etayo, 1989, en Nivia, 1996); Nivia en ese mismo trabajo postula que el zócalo del occidente colombiano está constituido por un

ensamblaje de rocas de edad cretácica superior afectadas por un evento de metamorfismo dinámico.

En la cuenca del Atrato, el estilo estructural dominante, en las rocas plegadas, corresponde a estructuras de tipo sinclinal y en “echelon” producto de tectónica de compresión con una componente en sentido lateral. Los sinclinales son en su mayoría simétricos y suaves y algunos asimétricos más pronunciados. Esta serie de pliegues es interrumpida en la zona de Istmina.

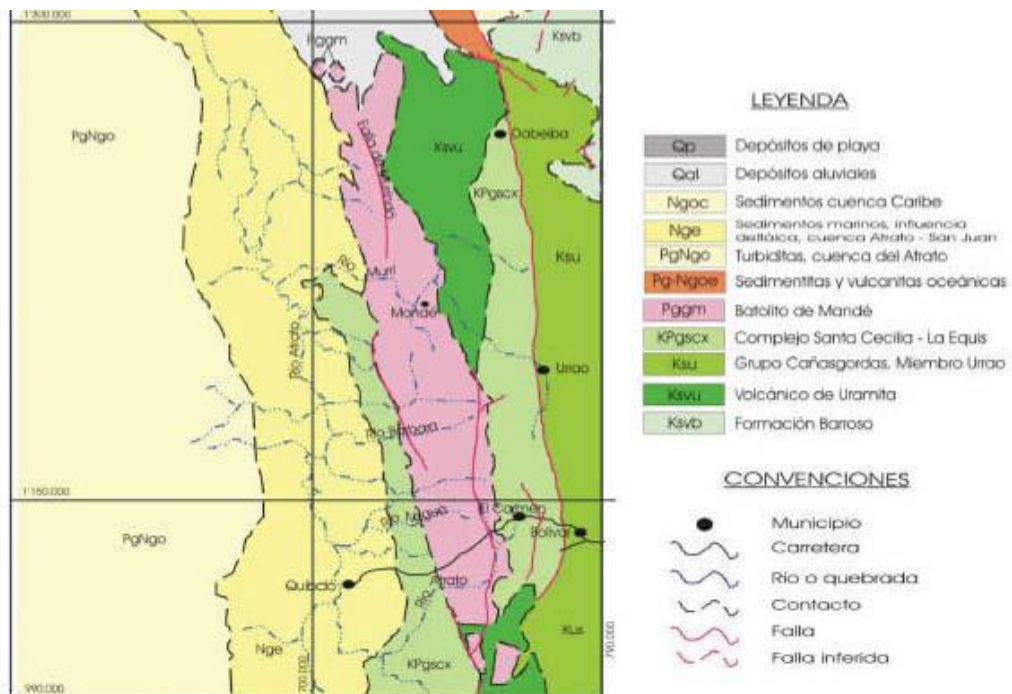


Figura 5 -Mapa geológico regional

Fuente: Mapa geológico de Colombia. INGEOMINAS.

La cuenca del Atrato, se encuentra limitada al sur por la Falla del río Pepé, al norte por la frontera con Panamá, el límite oriental y occidental son los Arcos de Dabeiba y Baudó, respectivamente. Es una cuenca de interarcos desarrollada entre los arcos de Dabeiba y

Baudó. Presenta poca deformación tectónica, teniéndose sólo algunas fallas inversas en la parte inferior de la sección producidas por reactivación de fallas inversas ancestrales (Suárez, 1990).

Desde el punto de vista geotectónico el sector occidental colombiano es una zona crítica, ya que en esta área coinciden, al menos tres placas tectónicas: la placa de Nazca, la placa Caribe y la placa suramericana (continente suramericano).

- Falla de Murindó: Esta falla se localiza sobre el flanco occidental de la cordillera Occidental en la plancha 113 Murindó de donde toma su nombre. Se puede considerar inversa, pero en algunos tramos tiene comportamiento de falla de rumbo y se extiende por muchos kilómetros, siendo el rasgo más destacado entre la cuenca del Atrato y el flanco oeste de la cordillera Occidental.
- Falla Quebrada Santa Bárbara: Esta falla afecta las rocas de la Formación Sierra y produce pliegues del orden decimétrico a métrico y cambio en la disposición de los estratos por unos pocos metros (Zapata, 2002).
- Falla Pueblo Rico: Al sur de Pueblo Rico (Risaralda), en la confluencia de los ríos Tatamá y Rionegro, se encuentra cubierta por terrazas cuaternarias.
- Falla Aguasal: Es una falla inversa. Esta estructura pone en contacto las rocas del Miembro Urrao en el borde oriental, con rocas volcánicas del Complejo Santa Cecilia – La Equis en la Cordillera Occidental.

4.3.Aspectos Generales De La Vía.

El lugar donde se ejecutará el proyecto, se compone de una vía de acceso sin

pavimentar, la cual presenta regular estado asociado al alto grado de deterioro en la superficie de rodadura, baches generados por las depresiones producidas más o menos circular ocasionando estancamiento de agua, lo que produjo la saturación del material superficial volviéndolo vulnerable a la acción del tránsito y discontinuidades en la granulometría de la grava de presencia de vegetación e inexistencia de drenaje de aguas lluvia.

En la actualidad el tramo vial donde se construirá el proyecto , no cuenta con una capa de rodadura que sea cómoda, estable y segura para los vehículos que circulan por la vía objeto de estudio, lo cual ocasiona demoras e incomodidades a los usuarios; razón por la cual se ha vuelto una necesidad sentida de la población la realización el mejoramiento mediante pavimentación de este tramo vial.

La realización de este proyecto beneficiara a todos los habitantes del municipio de Bagadó.

4.4 Condiciones Generales De La Via.

Esta vía, en área de jurisdicción del municipio de Bagadó, cuenta con un trayecto de 8 Km, los cuales se encuentran en pésimo estado Carreteable y en la actualidad es la vía más utilizada en el municipio para transporte de pasajeros y carga. está conformada por una carpeta de rodadura en afirmado, con un evidente deterioro y múltiples fallas a lo largo de toda su longitud, adicionalmente el trazado geométrico presenta deficiencias en cuanto a radios de curvatura muy cortos y entre tangencias mínimas, lo que genera que la velocidad de operación no supere los 20 km/h. No se aprecian cunetas y elementos de protección vial como defensas metálicas a los costados de la vía, y se carece de obras de drenaje que garanticen una durabilidad de la capa de rodadura.

4.5 Informacion Consultada.

Estudios, diseños, construcción y pavimentación en concreto rígido de la vía Bagadó – el Carmelo, municipio de Bagadó – departamento del Chocó.

Planchas 184-IV-A, 184-IV-B, 184-IV-C, y 203-II-B. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1970.

Informe preliminar de geología regional y zonificación del sector Bagadó- Carmelo

Planos de diseño geométrico de la carretera Bagadó- Carmelo

Manual de Volúmenes de Tránsito del Instituto Nacional de Vías. INVIAS.

4.6 Trabajo de campo.

Se realizan recorridos a lo largo del corredor a diseñar realizando los siguientes procedimientos:

- Reconocimiento del lugar.
- Definición del número, profundidad y localización de los apiques de exploración.
- Exploración del subsuelo con equipo manual, determinación de posibles niveles de aguas subterráneas, muestreo y ensayos “In Situ”.
- Realización de ensayos de campo con penetrómetro dinámico de cono para cálculo de CBR por correlación PDC.
- Definición del perfil estratigráfico del subsuelo y caracterización de los parámetros geomecánicos.

Así como observaciones generales del estado de la vía, mediante el cual fue identificado el tramo correspondiente, donde se corrobora a su vez la existencia de sitios críticos donde se presenta algún tipo de daño relacionado con fenómenos de inestabilidad (erosión –

deslizamientos), fenómenos ambientales (deforestación), factores hidrogeológicos, y la carencia de obras de arte para una adecuada entrega de aguas en la vía.

La información es complementada con la evaluación geotécnica realizada por la empresa (CONSTRUCCIONES LOZANO S.A.S.) de donde se extrae todo lo que concierne a la parte geotécnica del proyecto; estos ejecutan exploraciones al subsuelo en donde se identifica además del perfil estratigráfico, la calidad de los materiales presentes en subrasante. La evaluación geotécnica es efectuada mediante diferentes etapas en búsqueda de definir una sectorización clara del proyecto, para lo cual se realiza un primer programa de exploración mediante la ejecución de sondeos mediante barrenos manuales a profundidades entre 0.50 m – 1.0 m y 1.5 m cada 500m, posteriormente se proyectan sondeos de verificación y como tercera etapa la ejecución de apiques. Dentro de los resultados de laboratorio se resaltan propiedades *insitu*, clasificación, ensayos de compresibilidad y ensayos de resistencia al corte (CBR a humedad natural y después de inmersión). A partir de la información recolectada se establece una sectorización del tramo.

5. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA

Cabe aclarar que a nivel de evaluación geotécnica este diseño esta basado completamente en el estudio geotécnico realizado por por la empresa (**CONSTRUCCIONES LOZANO S.A.S.**). Revisado y aprobado por la Alcaldía Municipal de Bagadó, mediante la Secretaria de Planeación y la Secretaria de Infraestructura. La información es complementada con recorridos a lo largo del corredor a diseñar realizando un reconocimiento, así como observaciones generales del estado de la vía.

La geología de la zona de acuerdo con los estudios geológicos, establece que en el área afloran básicamente los grupos de arcilla en matriz gravosa de color amarillo oscuro y arcillas grises altamente consolidadas. Las rocas se encuentran a mayor profundidad de la explorada. La constitución geológica del territorio que ocupa el Departamento del Chocó presenta aspectos muy diversos y variados, por lo que es considerado un verdadero mosaico geológico que va desde las formaciones más antiguas del período precretáceo hasta las más recientes del cuaternario.

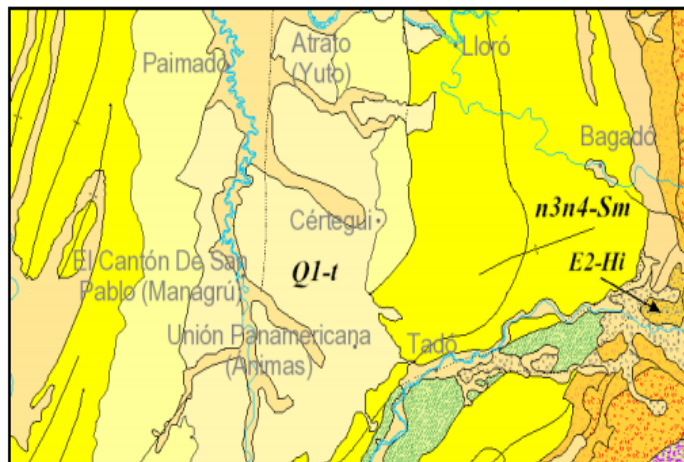


Figura 6, Mapa geologico del sitio

Fuente: INGEOMINAS

5.1 Ejecucion De Exploraciones.

La empresa (**CONSTRUCCIONES LOZANO S.A.S.**), realizó las exploraciones, para el caso del sector Bagadó - Carmelo (K0+000 – K10+970) y sondeos manuales y apiques a lo largo del corredor vial existente y en la franja de ampliación, partir de los registros de perforación y la interpretación de los resultados de laboratorio, se ha logrado tipificar el perfil de suelo hasta la profundidad explorada como arenas limosas/arcillosas con índices de plasticidad medianamente altos intercaladas con arcillas, limos inorgánicos, suelos finos arenosos o limosos con diferentes grados de plasticidad y humedad, procedentes de la meteorización de suelos residuales que de acuerdo a sus propiedades (granulometría, plasticidad) puede variar – suelos residuales, aluviones material poco consolidado no cementado de composición limo arcillosos. (Qal) y lodolitas grises con con intercalaciones de areniscas de grano medio, edad plioceno superior (Tpm). Sobre este descansa un estrato de material heterogéneo y antropico compuesto principalmente por limo vegetal y en otros casos material natural alterado producto de excavaciones de terrenos aledaños y explotación minera. En general estos últimos son materiales de baja competencia y espesores máximos de 0.50 m.

5.1.1 Resultados De Los Ensayos De Campo

De las excavaciones a cielo abierto se toman muestras alteradas e inalteradas para los ensayos de laboratorio. Sobre las muestras recuperadas se realizan ensayos de clasificación de suelos, humedad natural, consistencia, CBR, granulometría y límites.

Tabla N° 2: Normatividad para ensayos.

DETALLE DEL ENSAYO	CANTIDAD	NORMA	EQUIPOS
Ensayo para determinar el contenido de humedad natural	30	I.N.V.E-122-07	Horno, balanza, recipientes
Ensayo para determinar los Límites de Atterberg (límite líquido y plástico de una muestra de suelo)	30	I.N.V.E-125-07 I.N.V.E-126-07	Cazuela de Casagrande, vidrio, espátula, ranurador, recipiente, balanza y horno
Análisis granulométrico por tamizado de una muestra de suelo.	15	I.N.V.E-123-07	Tamices de malla cuadrada, horno, recipientes, balanzas con sensibilidad de 0.01g y 0.1%

Método para clasificación de suelos con propósitos de ingeniería	30	NTC 1504 ASTM D 2487	
Ensayo C.B.R. (California Bearing Ratio) en Campo	15	I.N.V.E-172-13	Equipo de campo PENETROMETRO DINAMICO DE CONO (PDC)

Fuente: Manual de Diseño de Cimentaciones Superficiales y Profundas para Carreteras del Ministerio de Transporte.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio y el valor de CBR correlacionado

Tabla 3: Resultado de los ensayos de laboratorio.

Detalle	Prof.	Clasificación	IP (%)	CBR (MOPT Colombia (1992)) %	Humedad (%)	Espesor capa granular (m)
APQ 1	0.50	GC	15.4	15.3	28.03	0.00
	1.00	GC	15.0		27.52	
	1.50	CL	12.3		28.73	
APQ 2	0.50	GC	19.3	0.50	25.21	0.00
	1.00	GC	18.6		26.33	
	1.50	CL	15.3		26.84	
APQ 3	0.50	GC	21.0	0.30	27.81	0.00
	1.00	GC	18.2		27.32	
	1.50	CL	15.7		28.15	
APQ 4	0.50	GC	22.2	6.20	26.74	0.00
	1.00	GC	19.2		25.63	
	1.50	CL	19.7		27.36	
APQ 5	0.50	GC	27.8	0.40	26.12	0.00
	1.00	GC	26.9		25.32	
	1.50	CL	16.5		26.34	

APQ 6	0.50	GC	18.2	0.50	28.54	0.00
	1.00	GC	17.5		27.36	
	1.50	CL	13.2		27.51	
APQ 7	0.50	GC	26.2	1.90	25.21	0.00
	1.00	GC	24.3		24.13	
	1.50	GC	17.2		24.51	
APQ 8	0.50	GC	31.7	0.70	28.62	0.00
	1.00	GC	28.2		27.45	
	1.50	CL	16.4		28.31	
APQ 9	0.50	GC	22.1	7.80	24.13	0.00
	1.00	GC	21.7		23.15	
	1.50	CL	14.1		23.57	
APQ 10	0.50	GC	30.2	2.00	27.31	0.00
	1.00	GC	25.4		27.45	
	1.50	CL	20.1		28.21	
APQ 11	0.50	GC	28.1	16.20	26.50	0.00
	1.00	GC	26.4		26.84	
	1.50	CL	18.1		26.97	
APQ 12	0.50	GC	29.3	1.10	25.41	0.00
	1.00	GC	22.6		26.52	
	1.50	CL	19.1		26.58	
APQ 13	0.50	GC	29.5	2.00	27.48	0.00
	1.00	GC	28.3		27.52	
	1.50	CL	17.6		27.01	
APQ 14	0.50	GC	28.7	5.50	28.05	0.00
	1.00	GC	27.1		28.16	
	1.50	CL	18.7		28.63	
APQ 15	0.50	GC	28.6	2.30	26.41	0.00
	1.00	GC	27.9		26.87	
	1.50	CL	19.5		25.64	

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 Perfil estratigráfico de los suelos encontrados.

Los suelos encontrados son de origen aluvial, producidos por los procesos de sedimentación de las quebradas y ríos aledaños, bajo diferentes condiciones hidrodinámicas que dan como resultado la acumulación de capas de suelos finos y gruesos, aunque en general localmente hay presencia predominante de suelos limo-arcilloso de diferentes colores y consistencias como se observa.

A partir de la exploración geotécnica efectuada es posible definir un perfil estratigráfico homogéneo con diferentes tonalidades, en los primeros metros se observa una capa de suelo limoso compacto en algunos sectores se observa una subrasante caracterizada por tener cobertura vegetal baja, hacia la parte inferior del perfil se observa un estrato de suelo fino caracterizado por una limo inorgánica de baja plasticidad, de resistencia seca de baja a media, con dilatación de lenta a rápida y una mejor consistencia que el estrato anterior.

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO		DESCRIPCION		
		SUCS	GRAFICO			
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA BIEN GRADUADA		
		GP		GRAVA MAL GRADUADA		
		GM		GRAVA LIMOSA		
		GC		GRAVA ARCILLOSA		
		SW		ARENA BIEN GRADUADA		
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SP		ARENA MAL GRADUADA		
		SM		ARENA LIMOSA		
		SC		ARENA ARCILLOSA		
		SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
				CL		ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD
OL				LIMO ORGANICO O ARCILLA ORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD		
LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	MH			LIMO INORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD		
	CH		ARCILLA INORGANICA DE ALTA PLASTICIDAD			
	OH		LIMO ORGANICO O ARCILLA ORGANICA DE ALTA PLASTICIDAD			
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		

Figura No. 7: Descripción gráfica de los tipos de suelos

Fuente: Manual de diseño de cimentaciones superficiales y profundas para carreteras del

Ministerio de Transporte

6. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE SUELO DE FUNDACIÓN DEL PROYECTO

6.1 Perfil De Suelos.

Tal como se puede observar en los anexos, los registros de las perforaciones realizadas incluyen información sobre la estratigrafía, el nivel freático y la resistencia del perfil de suelos.

6.1.1. Perfil Estratigráfico Apique Numero 1: K0+000.

Se encuentra un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.00m a 0.50m está constituido por una capa granular en regulares condiciones; de 0.50m a 0.90m material gravoso de color crema claro con presencia de arena de color beige; de 0.90 a 1.50m (fin del apique) un material de color amarillo oscuro.

6.1.2. Perfil Estratigráfico Apique Numero 2: K0+700.

Se encuentra un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.00m a 0.10m está constituido por una capa vegetal; de 0.10m a 0.80m un material color rojo con betas amarillas (suelo natural subrasante); de 0.80 a 1.00m un material de color rojo con amarillo y gris; de 1.00m a 1.50m un material de color amarillo oscuro, nivel freático al final del apique a 1.50m.

6.1.3. Perfil Estratigráfico Apique Numero 3: K1+400.

Se encuentra un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.00m a 0.10m está constituido por una capa vegetal; de 0.10m a 0.80m un material granular color amarillas; de 0.80 a 1.00m un material color amarillo; de 1.00m a 1.50m un material de color amarillo (suelo natural subrasante), nivel freático al final del apique.

6.1.4. Perfil Estratigráfico Apique Numero 4: K2+100.

Se encuentra un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.00m a 0.10m está constituido por una capa granular color gris; de 0.10m a 0.90m un material granular color amarillas; de 0.90 a 1.10m un material color amarillo; de 1.10m a 1.50m un material de color amarillo (suelo natural subrasante), no se encontró nivel freático al final del apique.

6.1.5. Perfil Estratigráfico Apique Numero 5: K2+800.

Se encuentra un perfil estratigráfico de la siguiente manera: de 0.00m a 0.20m está constituido por una capa vegetal; de 0.20m a 0.50m un material de color gris con algunas betas color amarillo; de 0.50m a 1.50m un material de color gris verdoso de consistencia media; nivel freático al final del apique.

6.1.6. Perfil Estratigráfico Apique Numero 6: K3+500.

Se encuentra un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.00m a 0.30m está constituido por una capa granular color amarillo; de 0.30m a 1.00m un material color café con betas amarillas; de 1.00m a 1.50m un material de color gris oscuro de consistencia dura; nivel freático al final del apique.

6.1.7. Perfil Estratigráfico Apique Numero 7: K4+200.

Se encuentra un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.00m a 0.10m está constituido por una capa granular color gris compactado; de 0.10m a 0.70m un material color amarillo con betas rojas; de 0.70m a 1.50m un material de color amarillo claro de consistencia blanda; nivel freático al final del apique.

6.1.8. Perfil Estratigráfico Apique Numero 8: K4+900.

Se encuentra un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.00m a 0.25m está constituido por una capa granular color gris compactado; de 0.25m a 0.50m un material color amarillo con consistencia blanda a media; de 0.50m a 1.60m un material de color amarillo con gravas; nivel freático al final del apique.

6.1.9. Perfil Estratigráfico Apique Numero 9: K5+600.

Se encuentra un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.00m a 0.30m está constituido por una capa granular color gris compactado; de 0.30m a 0.50m un material color gris con betas rojas; de 0.50m a 1.50m un material de color gris claro de consistencia dura con gravas; nivel freático al final del apique.

6.1.10. Perfil Estratigráfico Apique Numero 10: K6+300.

Se encuentra un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.00m a 0.10m está constituido por una capa vegetal; de 0.10m a 0.60m un material color gris con betas rojas; de 0.60m a 1.50m un material de color gris oscuro de consistencia dura con gravas; no se encuentra nivel freático.

6.1.11. Perfil Estratigráfico Apique Numero 11: K7+000.

Se encuentra un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.00m a 0.30m está constituido por una capa granular color gris compactado; de 0.30m a 0.50m un material color amarillo; de 0.50m a 1.50m un material de color amarillo claro de consistencia blanda con gravas; no se encuentra nivel freático al final del apique.

6.1.12. Perfil Estratigráfico Apique Numero 12: K7+700.

Se encuentra un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.00m a 0.10m está constituido por una capa vegetal; de 0.10m a 0.50m un material orgánico de color negro;

de 0.50m a 1.50m un material de color gris de consistencia blanda; no se encuentra nivel freático al final del apique.

6.1.13. Perfil Estratigráfico Apique Numero 13: K8+500.

Se encuentra un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.00m a 0.30m está constituido por una capa granular color gris compactado; de 0.30m a 0.80m un material color gris con betas rojas; de 0.80m a 1.50m un material de color gris claro de consistencia dura con gravas; se encuentra nivel freático al final del apique.

6.1.14. Perfil Estratigráfico Apique Numero 14: K9+200.

Se encuentra un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.00m a 0.20m está constituido por una capa granular color café oscuro; de 0.20m a 0.80m un material de color café; de 0.80m a 1.50m un material de color café oscuro con betas amarillas; no se encuentra nivel freático al final del apique.

6.1.15. Perfil Estratigráfico Apique Numero 15: K10+995.

Se encuentra un perfil estratigráfico, definido de la siguiente manera: de 0.00m a 0.90m está constituido por una capa de material amarillo de consistencia dura; de 0.90m a 1.50m un material de color amarillo más oscuro que la capa anterior de consistencia dura con presencia de algunas gravas, no se encuentra nivel freático al final del apique.

6.2. Material Granular.

A lo largo de todos los tramos de la vía en estudio se observa estructura granular de espesor variable con capas de palos como soporte, la vía está en muy mal estado, existen tramos con peña descubierta a lo largo de la vía.

6.3 Subrasante.

En los tramos de vía a pavimentar se observa primero la capa granular variable y después un material descrito como material grava arcillosa, mezclas gravas-arena-arcilla (GC) de consistencia media a alta, con humedad media a alta en algunos tramos; la resistencia de la subrasante es valorada mediante ensayos CBR en estado inalterados y sumergidos, en la Tabla N°. 3, se muestran los resultados obtenidos después de realizar los ensayos en el laboratorio.

6.4. Nivel freático.

Durante las operaciones de exploración sub-superficial, se detecta la presencia del nivel de aguas freáticas en los apiques número 2, 3, 5, 6 y 8, a una profundidad de 1.50 metros, es probable que la presencia de agua se deba a la escorrentía en los taludes.

6.5. Potencial de expansión.

El material fino presente en las capas objeto de estudios, tiene valores de índice plásticos que oscilan entre 12.3 y 31.7, lo cual según el criterio de Chen (1.999); se clasifican como suelos con probabilidad de expansión entre baja y media.

Tabla 4: Criterio teórico de Chen.

Índice Plástico (IP)	Criterio
Mayor que 35%	Muy alto
20% - 55%	Alto
10% - 35%	Medio
Menor que 15%	Bajo

Fuente: Braja M. Das – Fundamentos de ingeniería de cimentaciones

Los Límites de Atterberg dan resultados del orden de 37.5-50.1% y 12.3-31.7% para el límite líquido e Índice de Plasticidad respectivamente, cuestión que implica un potencial de expansión bajo a medio, según NSR-10 (Tabla xxxx??). En este sector, el material de subrasante no refleja grandes cambios volumétricos por la avidez al agua, sustentándose en los valores del IP y LL, esto es concluyente con el criterio teórico de Chen.

Tabla No. 5: Evaluación del potencial de expansión de acuerdo con NSR-10

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kg/cm ²	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EI, en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 – 20	39 – 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones

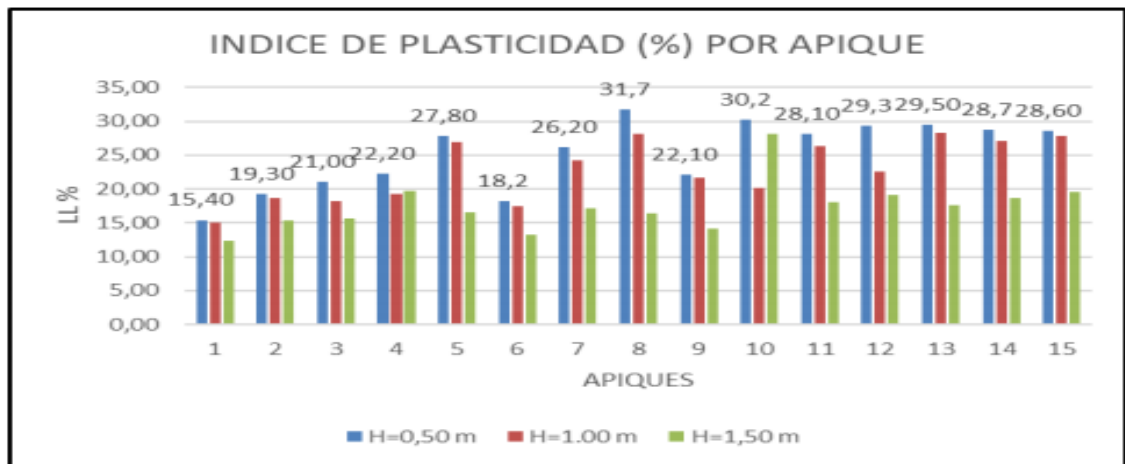


Figura 8: Índice plástico (IP%) entre el K0+000 a K10+995

Fuente: Informe Geotecnico.

6.6. Estimación de la capacidad portante – Valor del CBR de diseño.

Dentro del alcance de este proyecto se realiza la verificación y análisis de los resultados del ensayo de CBR en las capas halladas durante los trabajos de exploración del estudio. Los resultados obtenidos se recopilan a través de la ejecución del ensayo CBR inalterado, los ensayos corresponden a los puntos donde la condición del terreno permite la recuperación de muestras.

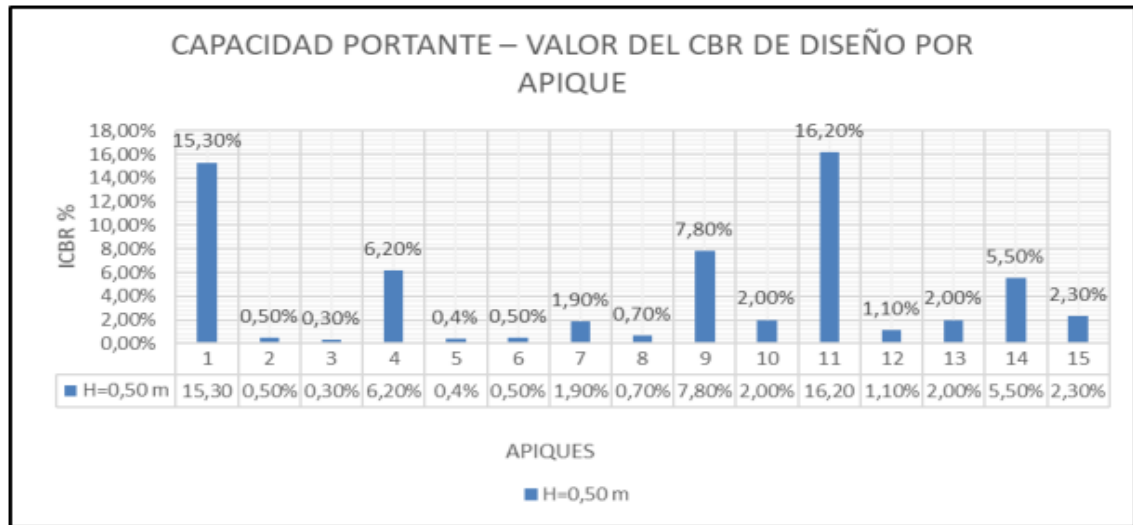


Figura 9: Capacidad portante – valor del CBR de diseño entre el K0+000 a K10+995

Fuente: Informe Geotecnico.

Como capacidad de soporte la subrasante presenta un CBR promedio para diseño de 4.30%, de acuerdo con los resultados calculados tomando la mas baja de las tres correlaciones para el cálculo de CBR con el penetrómetro dinámico de cono (Norma INV-E-172-13), esta subrasante es una grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla de baja a media compresibilidad (GC) de colores amarillo, café, amarillo claro, gris, con vetas rojas, amarillas de baja a media plasticidad, con resistencia seca de baja a media, con dilatación de lenta a

rápida y de consistencia mediana. De acuerdo con el índice de capacidad hallado presenta un potencial de expansión medio.

Tabla:6.CBR

CBR (Kleyn y Van Heerden) (G)	CBR (Cuerpo de ingenieros (USA)) (G)	CBR (MOPT Colombia (1992)) (G)
(%)	(%)	(%)
4,4	4,6	4,3

Fuente: Informe Geotecnico.

- Se debe acondicionar el terreno eliminando cualquier material inapropiado como capa vegetal, raíces, suelos orgánicos o muy plásticos, escombros, basuras o similares.
- Se aconseja realizar nivelación y/o rellenos tendientes a garantizar adecuadas condiciones de drenaje y eliminar cualquier punto susceptible a estancamiento de agua, que afectaría la durabilidad de la estructura del pavimento.
- Se recomienda utilizar materiales que cumplan con las normas y especificaciones técnicas de acuerdo al diseño establecido y hacer un estricto control de calidad de los procedimientos constructivos.
- Se recomienda compactar la sub-rasante existente al 95% del proctor modificado y mejorarla a su vez con material tipo terraplén para mejorar la gradación del material.

7.TRÁNSITO

7.1 Antecedentes.

Uno de los objetivos fundamentales del análisis de capacidad y niveles de servicio, es la estimación de la máxima cantidad de tráfico que puede acomodar una estructura dada. La mayoría de las vías en Colombia tienen un rendimiento pobre en el entorno de la capacidad. Por tanto, para planear y proyectar nuevas carreteras, debe concebirse para la mayor cantidad de tráfico al que puede dar servicio una instalación, manteniendo unas calidades operativas dadas.

El presente informe contiene el estudio de tránsito, en el Departamento de Choco, municipio de Bagadó, tramo vial que de Bagadó cabecera municipal conduce al corregimiento de El Carmelo en el municipio de Tadó.

Inicialmente se incluyen los alcances y objetivos del estudio, posteriormente se hace una descripción del proyecto en evaluación, en donde está la recopilación de información primaria y secundaria que se realiza.

Se describe la metodología desarrollada para la realización del estudio de tránsito, análisis de los volúmenes vehiculares, establecimiento de los orígenes y destinos del tráfico para el sector en estudio, pronóstico del tráfico y proyecciones, análisis de la tasa de crecimiento del parque automotor.

Luego se desarrolla el análisis de capacidad y niveles de servicio de la situación existente y con proyecto. Se realiza la estimación de ejes equivalentes de 8.2 ton.

En el procesamiento de la información se emplea como herramienta una hoja de cálculo tipo Excel, en la cual se almacena la información y se realizan los cálculos respectivos.

7.1.1. Informacion Existente.

A nivel de transito en la via se cuenta con la información de conteo del INVIAS y el estudio del transito realizado por la firma CONSTRUCCIONES LOZANO S.A.S. y revisado y aprobado por la Secretaria de Planeación y la Secretaria de Infraestructura.

7.2. Metodología Y Diagnostico.

El Estudio consiste en la recolección de información primaria (evaluación de campo y realización del registro de vehículos presentes en la zona del corredor.) y secundaria recopilada de los conteos de tráfico por tipo de vehículo de la zona, y la elaboración del informe con los resultados de la caracterización del tránsito de los tramos viales (discriminados por tipo de vehículos y distribución horaria), la aplicación de fórmulas o modelos empleados para la estimación del crecimiento normal del tráfico, durante la vida económica del tramo, y las proyecciones de tráfico por tipo de vehículo y de la estimación del tráfico generado y atraído.

7.2.1. Enfoque Del Estudio.

El tramo vial en estudio pertenece a la red vial terciaria del municipio de Bagadó, el cual define un alineamiento que en su estado actual impone la necesidad de formular propuestas de mejoramiento no sólo de la calzada sino de recuperación total de la movilidad; para lo anterior es necesario delimitar el área de estudio mediante la definición de zonas que tengan comportamientos de tráfico similares, con el fin de caracterizar y garantizar una circulación óptima de los diferentes tipos de vehículos evaluados, tanto de sentidos viales como del diseño adecuado del pavimento de las vías.

7.2.2. Actividades Desarrolladas.

Durante la ejecución del presente estudio de tránsito se ejecutan las siguientes actividades:

- ✓ Determinación del área de influencia y zonificación.
- ✓ Se toman los datos del conteo manual; suministrado por el Instituto Nacional de Vías.;
Dicho conteo es con la finalidad de establecer la magnitud y la clase de vehículos que circula por un sector de carretera, de acuerdo a las siguientes categorías.

Automóviles (A)

Buses (B)

Camiones Pequeños de dos ejes (C2-P)















Camiones grandes de dos ejes (C2-G).

Camiones de tres ejes y cuatro ejes (C3 – C4).

Camiones de cinco ejes (C3-S2)

Camiones de seis o más ejes (C3 – S3).

Tabla 7 Tipos de vehículos

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA	TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS			C3 Y C4	CAMION C3	
				CAMION C4	
				TRACTO-CAMION C2-S1	
BUSES	BUSETA			TRACTO-CAMION C2-S2	
	BUS			TRACTO-CAMION C3-S1	
	BUS METROPOLITANO			C5	TRACTO-CAMION C3-S2
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUENO		> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE				

Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones

7.3. Descripción Del Proyecto.

7.3.1. Localización General

Debido a la mala calidad de las vías, la población de Bagadó se ha visto afectada en muchos factores, los cuales perjudican principalmente la economía de los habitantes, algunas de las actividades económicas que más se ven afectadas son el comercio, la minería entre otros, y los costos de operación y de mantenimiento vehicular son altos.

Los productos en muchas ocasiones sufren depreciaciones, debido a que los recorridos para transportar la mercancía toman demasiado tiempo, lo que produce daño en ellos, pues la mayoría de los que se producen en la región son productos perecederos, por tanto, requieren tiempos cortos de transporte para llegar en buenas condiciones a su destino.

Otro factor económico importante que se ve afectado es la ausencia de turismo en la zona, pues al no tener una vía adecuada para el transporte, el municipio de Bagadó está prácticamente incomunicado con los municipios aledaños y con el resto del país, pese a tener grandes riquezas naturales y sitios turísticos, esta “incomunicación” genera que a pesar de ser un municipio con grandes recursos sea un sitio desconocido e ignorado por el resto del país.

Por otra parte, el mal estado de la vía, afecta el tránsito de vehículos de emergencia (ambulancias, bomberos y carros de emergencia). Esta puede llegar a ser la mayor preocupación en cuanto a la salud de los habitantes, pues en caso de una emergencia estos vehículos toman más tiempo de recorrido y no se atienden a tiempo las necesidades de la comunidad.

7.3.2. Recopilación y análisis de información secundaria.

Se trabaja con el aforo del máximo dado por el Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito y los porcentajes por tipo de vehículo se toman del Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito.

7.3.3. Composición vehicular.

Tabla 8 Composición vehicular

	Autos	Buses	C-2P	C-2G	C3 - C4	C5	>C5	Total
TPDs	134	16	22	7	0	0	0	180
Composición	74,4%	9,1%	12,2%	4,1%	0,2%	0,0%	0,0%	

	Autos	Buses	Camiones
Composición vehicular	74,4%	9,1%	16,5%

Composición de

Camiones

C-2P	73,9%
C-2G	24,8%
C3 - C4	1,2%
C5	0,0%

>C5	0,0%
-----	------

Fuente: Estudio de transito

Tabla: 9 Factores de equivalencia

TIPO DE VEHICULO	MOPT INGEROUTE	UNIVERSIDAD DEL CAUCA (1996)
C - 2 Pequeño		1,14
	1,4 (promedio)	
C - 2 grande		3,44
C - 3	2,4	3,76
C2 - S1		3,37
C4	3,67	6,73
C3 - S1		2,22
C2 - S2		3,42
C3 - S2	4,67	4,4
C3 - S3	5	4,72
BUS P - 600		0,4
	0,2 (promedio)	
BUS P - 900		1
BUSETA		0,05

Fuente: Estudio de transito

Con los datos anteriores se calcula el Factor Camión Camión. (FCC).

$$F_{cc} = \frac{(73,9)(1,14) + (24,8)(3,44) + (1,2)(3,76)}{73,9 + 24,8 + 1,2}$$

$$F_{cc} = \frac{174,07}{100}$$

$$F_{cc} = 1,74$$

Cálculo del factor camión

$$FC = \frac{(9,1)(0,2) + (16,5)(1,74)}{9,1 + 16,5} = 1,19$$

Se calcula el número de ejes equivalentes para todo el periodo de diseño que va hasta el año 2040; es decir un periodo de diseño de 20 años.

$$N = TPD \times \frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} \times F.C.$$

Fuente de la formula

De donde

$$A = 50$$

$$B = (100)(0,5) = 50 \text{ (vía urbana de doble sentido y de un carril por sentido)}$$

$n = 20$ años.

TPD = 180

$r = 3\%$

FC = 1,19

B =	$100/2 =$	50
A =	50	
FC =	1,19	
TPD Inicial	180	
TPD =	180	
r =	0,03	

B/100 =
A/100 =

Tabla:10 Proyeccion vehicular

año	n	(1+r)ⁿ - 1	r	Proyección	N
2020	1	0,030	0,0300	1,00	19.545,75
2021	2	0,061	0,0300	2,03	39.677,87
2022	3	0,093	0,0300	3,09	60.413,96
2023	4	0,126	0,0300	4,18	81.772,13
2024	5	0,159	0,0300	5,31	103.771,04
2025	6	0,194	0,0300	6,47	126.429,92
2026	7	0,230	0,0300	7,66	149.768,57
2027	8	0,267	0,0300	8,89	173.807,38
2028	9	0,305	0,0300	10,16	198.567,35
2029	10	0,344	0,0300	11,46	224.070,12
2030	11	0,384	0,0300	12,81	250.337,97
2031	12	0,426	0,0300	14,19	277.393,86
2032	13	0,469	0,0300	15,62	305.261,43
2033	14	0,513	0,0300	17,09	333.965,02
2034	15	0,558	0,0300	18,60	363.529,72
2035	16	0,605	0,0300	20,16	393.981,36
2036	17	0,653	0,0300	21,76	425.346,55
2037	18	0,702	0,0300	23,41	457.652,70
2038	19	0,754	0,0300	25,12	490.928,03
2039	20	0,806	0,0300	26,87	525.201,62
2040	21	0,860	0,0300	28,68	560.503,42

Fuente: Estudio de transito

$N = 560503,42$ ejes equivalentes de 8,2 toneladas.

$N = 5,61 \times 10^5$ ejes equivalentes de 8,2 toneladas.

Una vez determinado el número acumulado de vehículos que van a transitar en el carril de diseño, en un periodo de diseño de 20 años, se convierte esta cantidad de vehículos comerciales a ejes simples equivalentes de 8,2 toneladas mediante el Factor Camión; el cual arroja como resultado:

$N = 5,61 \times 10^5$ ejes equivalentes de 8,2 toneladas. Dato requerido para el diseño de la estructura del pavimento.

8. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Un pavimento se puede considerarse como una estructura, constituida por varias capas de materiales seleccionados, diseñada y construida técnicamente con el objeto de brindar el tránsito de vehículos de una manera rápida, cómoda, segura, eficiente y económica. En esta definición funcional se destaca la razón de ser de la construcción de un pavimento.

Una definición de tipo estructural es dada por la Organización de los Estados Americanos, y define al pavimento como una superestructura de una vía, construida sobre la subrasante, y compuesta normalmente por la sub-base, la base y la capa de rodadura, cuya función es la de soportar las cargas rodantes y transmitir los esfuerzos al terreno de fundación, distribuyéndolos en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales, así como proveer una superficie lisa y resistente para los efectos del tránsito.

Una estructura de pavimentos se puede considerar como adecuada cuando llega a la falla funcional después de haber resistido el tránsito de diseño hasta llegar a una calificación de rechazo, con el menor costo posible.

La falla estructural hace referencia al colapso de la estructura o de alguno de sus componentes, de tal forma que es imposible absorber los esfuerzos inducidos por la carga vehicular o se ve reducida su continuidad o integridad hasta llegar a la falla funcional, la cual se presenta cuando la estructura no cumple con sus funciones primordiales, lo cual provoca incomodidad e inseguridad al usuario y aumento en los costos de operación de los vehículos. Este tipo de falla no siempre va acompañada de una falla de tipo estructural.

De un modo bastante arbitrario y con fines fundamentalmente prácticos, los pavimentos han sido divididos para su estudio en cuatro grupos, a saber:

- ✓ PAVIMENTOS FLEXIBLES
- ✓ PAVIMENTOS RÍGIDOS
- ✓ PAVIMENTOS SEMIRÍGIDOS
- ✓ PAVIMENTOS ARTICULADOS O DE ADOQUINES

De acuerdo a esta clasificación los pavimentos se diferencian y definen por los materiales de que están constituidos y de la manera como se estructuran, y no por la forma en cómo distribuyen los esfuerzos y deformaciones producidos por los vehículos a las capas inferiores, lo cual constituiría un criterio de clasificación más acorde con la realidad.

8.2 Tipos De Pavimentos (Alternativas De Diseño).

Como alternativas de diseño se contemplan dos posibilidades; pavimento flexible con mezcla asfáltica o pavimento rígido en concreto hidráulico:

8.1.1. Pavimento Con Mezcla Asfáltica.

Es una estructura construida con productos bituminosos y materiales granulares. Se caracterizan por ser elementos continuos con la particularidad de que al aplicar una carga se deforma de manera apreciable en un área relativamente pequeña. Generalmente la carpeta asfáltica está construida sobre dos capas no rígidas: la base y la subbase.

Las capas tienen una resistencia a la deformación decreciente con la profundidad, de manera análoga a la disminución de las presiones transmitidas desde la superficie por las cargas del tránsito. Por lo general y salvo en aquellas estructuras no revestidas de vías para una intensidad muy baja de tránsito, los pavimentos flexibles tienen al menos una capa de rodadura bituminosa. Igualmente, una variación pequeña de las características de la subrasante tiene gran incidencia en la capacidad estructural de toda la estructura.

8.1.2. Pavimento En Concreto Hidráulico.

Es una estructura constituida básicamente por losas de concreto hidráulico apoyadas directamente sobre la capa subrasante o sobre una capa de materiales seleccionados denominada Subbase del pavimento rígido. Las deflexiones inducidas por el tránsito son prácticamente nulas debido a la magnitud del área de distribución de las cargas y el alto módulo de elasticidad de los materiales componentes.

La superficie se encuentra dividida en losas mediante juntas con el fin de evitar, por un lado, las fisuras que aparecerían por la retracción del hormigón y las variaciones termohigrométricas y, por otro, para facilitar el alabeo De acuerdo con la evaluación superficial de

las vías existentes, los resultados de las investigaciones de campo, de los ensayos de laboratorio, el diseño geométrico proyectado, disponibilidad de materiales en zona y las condiciones propias de la región se plantea como solución la construcción de un pavimento rígido.

8.2. Determinación del tipo de pavimento a diseñar.

El pavimento flexible, se descarta como alternativa de diseño, debido a varios factores importantes como son:

- El pavimento flexible tiene unos periodos de diseño menores al pavimento rígido.
- El transporte de la maquinaria necesaria para producir y extender la mezcla asfáltica es complejo y costoso, por el difícil acceso a la zona debido a los problemas de orden público.
- El mantenimiento posterior de este tipo de estructura implica altos costos debido al traslado de maquinaria.
- Los pavimentos rígidos en la zona del choco han presentado mejor comportamiento estructural en los últimos años.

Por tanto se hace inviable tanto técnica como económicamente la construcción de un pavimento flexible en la zona.

De acuerdo con la evaluación superficial de las vías existentes, los resultados de las investigaciones de campo, de los ensayos de laboratorio, el diseño geométrico proyectado, disponibilidad de materiales en zona y las condiciones propias de la región se plantea como solución la construcción de un pavimento rígido.

Según lo establecido en el diseño de esta vía, se remueve el material existente y es reemplazado por material granular proveniente de la fuente cercanas al sitio de obra como rio San pablo, rio Mnagru? etc, densificando los puntos en los cuales la subrasante presente fallas, separando los materiales granulares de esta con geotextil . Sobre estos granulares, se debe colocar la estructura proyectada que es en su totalidad en pavimento rígido.

8.3 . Metodología De Diseño - ICPC/Invias.

Los pavimentos de concreto son conocidos en toda la geografía de Colombia y en su territorio se encuentran numerosos ejemplos que han prestado un servicio con muy buena calidad, durante muchos años.

El manual está orientado hacía el diseño de pavimentos de concreto para carreteras de diversa índole, desde caminos rurales hasta vías de primer orden. Otras aplicaciones de los pavimentos de concreto como son pavimentación de vías urbanas, parqueaderos, patios industriales, muelles, vías para la explotación de minas o aeropuertos están por fuera del alcance de este manual.

El objetivo del manual es el de establecer un catálogo de diseño de estructuras en función de las variables más importantes que inciden en la determinación de los espesores y calidades de las capas. Ese catálogo se construye con base en los métodos de diseño más conocidos en el país como son el de la Portland Cement Association -PCA- versión 1984 y el de la American Association of State Highway And Transportation Officials - AASHTO- versión1993.

8.3.1. Modulo De Reaccion K De La Superficie En La Que Se Apoya El Pavimento.

8.3.1.1 Ensayo de CBR.

Para determinar la resistencia de los suelos, se debe realizar la prueba de CBR (California Bearing Ratio) o valor relativo de soporte, desarrollado por la División de Carreteras de California. La prueba del CBR es un ensayo normalizado (Norma INV-E 148-13).

Para subrasantes con CBR menores que 5, el especialista recomendará tratamientos especiales como la sustitución de los materiales inadecuados (remoción parcial o total del material inaceptable) o la modificación de sus características con base en mejoramientos mecánicos que doten a la subrasante de mejores características mecánicas.

Del informe Geotecnico elaborado por el Ingeniero Rogelio Atehortua, se extraen los resultados obtenidos de CBR.

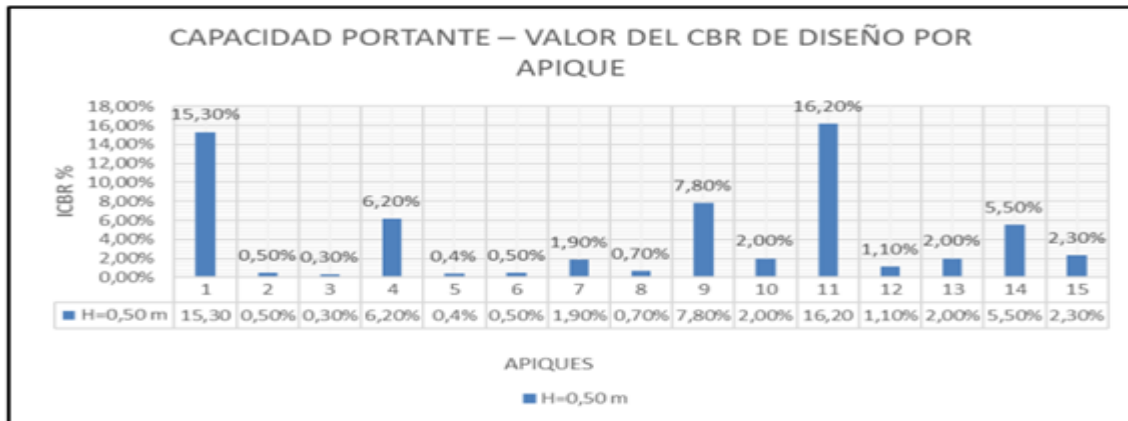


Figura 10. Capacidad portante – Valor del CBR de diseño entre el k0+000 a k10+995

Fuente: Informe geotecnico.

Para efectos de calculo trabajaremos con la recomendación hecha por el geotecnista.

“Como capacidad de soporte la subrasante presento un CBR promedio para diseño de 4.30%, de acuerdo con los resultados calculados tomando la mas baja de las tres correlaciones para el cálculo de CBR con el penetrómetro dinámico de cono (Norma INV-E-172-13), esta subrasante es una grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla de baja a media compresibilidad (GC) de colores amarillo, café, amarillo claro, gris, con betas rojas, amarillas de baja a media plasticidad, con resistencia seca de baja a media, con dilatación de lenta a rápida y de consistencia mediana. De acuerdo con el índice de capacidad hallado presenta un potencial de expansión medio”.

Tabla:11

CBR (Kleyn y Van Heerden) (G)	CBR (Cuerpo de ingenieros (USA)) (G)	CBR (MOPT Colombia (1992)) (G)
(%)	(%)	(%)
4,4	4,6	4,3

Fuente: Informe geotecnico.

8.4. Evaluacion De La Variable Transito.

Una vez determinado el número acumulado de vehículos quevan a transitar en el carril de diseño, en un periodo de 20 años, se convierte esta cantidad de vehículos comerciales a ejes simples equivalentes de 8,2 Toneladas mediante el Factor Camión; el cual arroja como resultado: $N = 5,61 \times 10^5$ Ejes equivalentes de 8,2 Toneladas.

8.5. Evaluacion De La Variable Clima.

Teniendo en cuenta que el Departamento del Chocó es una de las regiones más lluviosas del mundo es de gran importancia la consideración de esta variable.

Los Datos Hidroclimatologicos para el diseño se han recopilado de la Estacion el Caraño; la cual se describe a continuación.

ENTIDAD:	IDEAM
CODIGO:	1104501
TIPO:	SP
NOMBRE:	AEROPUERTO EL CARAÑO
MUNICIPIO:	QUIBDO
LATITUD:	5° 42'
LONGITUD:	76° 39'
ELEVACION (msnm):	53

Dicho análisis se plantea en el informe hidrológico e hidráulico.

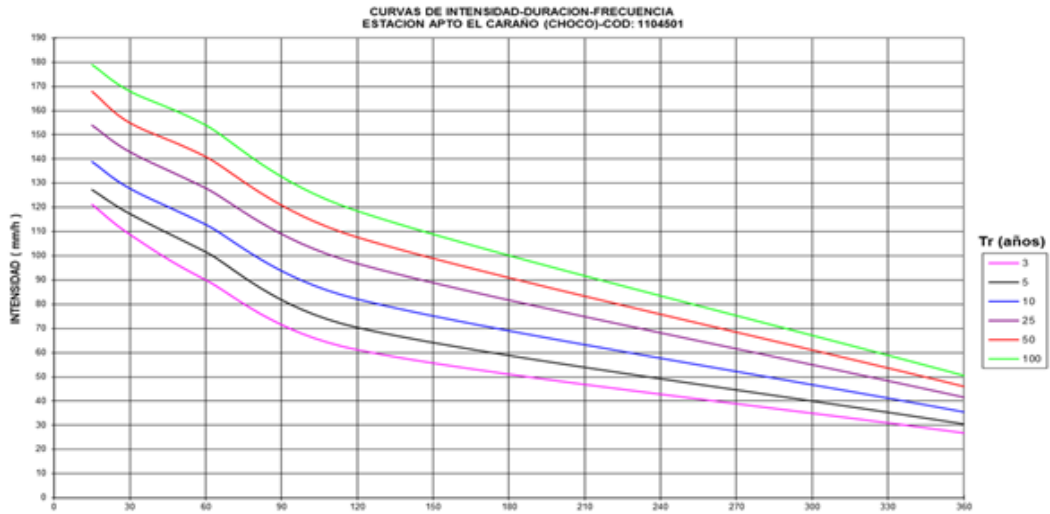


Figura 11: Curvas de intensidad.

Fuente: IDEAM – CURVAS IDF – Aeropuerto el Caraño

Tabla: 12 Relaciones de intensidad – duración – frecuencia.

IDEAM		Relaciones Intensidad - Duración - Frecuencia					
Estación: 1104501							
Número de años analizado: 29							
DURACION Minutos	PERIODO DE RETORNO, años						
	3	5	10	25	50	100	
15	121,3	127,2	139,0	154,0	168,0	179,0	
30	108,9	117,3	127,9	143,0	155,0	168,0	
60	90,1	101,6	113,0	128,0	141,0	154,0	
120	61,2	70,4	82,1	96,8	107,7	118,5	
360	26,8	30,6	35,4	41,5	46,0	50,5	

Fuente: IDEAM

8.6. Criterios De Diseño ICPC/INVIAS.

PERÍODO DE DISEÑO: El período de análisis del pavimento en concreto hidráulico para el sector en estudio es de 20 años.

CRITERIO DE FATIGA: Para mantener los esfuerzos del pavimento producido por la acción repetitiva de las cargas dentro del límite de seguridad.

CRITERIO DE EROSIÓN: Para evitar los efectos de las deflexiones del pavimento en los bordes de las losas, juntas y esquinas y controlar así la erosión de la fundación y de los materiales de las bermas.

TIPO DE PAVIMENTO: Se considera un pavimento de concreto con cunetas o bermas y con pasadores debido al volumen de tráfico que se presenta en la vía.

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES: Resultados del Estudio de Transito del sector.

CALIDAD DEL CONCRETO: La resistencia a la flexión del concreto se expresa en su Módulo de Rotura. Para el presente diseño, el módulo de rotura es de 3,8 MPa.

8.7. Tránsito Y Periodo De Diseño.

De las conclusiones del informe de Estudio de Transito elaborado por el Ingeniero Jesús Armando Mena Manjarres “Una vez determinado el número acumulado de vehículos que van a transitar en el carril de diseño, en un periodo de 20 años, se convierte esta cantidad de vehículos comerciales a ejes simples equivalentes de 8,2 Toneladas mediante el Factor Camión; el cual arroja como resultado: $N = 5,61 \times 10^5$ ejes equivalentes de 8,2 Toneladas.- Fuente: Informe de Transito”.

(Este manual considera un periodo de diseño de 20 años para todos los análisis estructurales) y trabaja con ejes equivalentes a 80KN (8.2Tn) y establece unas categorías las

cuales se muestran en la siguiente tabla 14. para este caso en particular el número de ejes equivalentes para un periodo de diseño de 20 años es menor que 1.000.000.

Tabla:13 Categoría de tránsito para la selección de espesores

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
To	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 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 – INVIAS

Para este caso se trata de un To; puesto que la categoría de transito es menor a 1.000.000.

$N = 560503,42$ ejes equivalentes de 8,2 toneladas.

$N = 5,61 \times 10^5$ Ejes equivalentes de 8,2 Toneladas.

Tabla: 14. Tipos de vías

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

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto – INVIAS (Para este caso se trata de

E: Estrechas)

8.8. Aplicación Del Módulo De Reaccion K De La Superficie En La Que Se Apoya El Pavimento.

8.8.1. Ensayo de CBR.

Como capacidad de soporte la subrasante presenta un CBR promedio para diseño de 4.30%, de acuerdo con los resultados calculados tomando la mas baja de las tres correlaciones para el cálculo de CBR con el penetrómetro dinámico de cono (Norma INV-E-172-13), esta subrasante es una grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla de baja a media compresibilidad (GC) de colores amarillo, café, amarillo claro, gris, con betas rojas, amarillas de baja a media plasticidad, con resistencia seca de baja a media, con dilatación de lenta a rápida y de consistencia mediana. De acuerdo con el índice de capacidad hallado presenta un potencial de expansión medio.” (Fuente: Estudios de Suelos – Ing. Rogelio Atehortua).

El CBR se puede utilizar para encontrar el valor de módulo de reacción de la subrasante mediante correlación por medio de las siguientes ecuaciones (para CBR menores de 10%)

$$Mr \left(\frac{N}{m^2} \right) = 10^7 * CBR$$

$$Mr \left(\frac{MPa}{m} \right) = 10 * CBR$$

$$Mr \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = 100 * CBR$$

$$Mr \left(\frac{lb}{in^2} \right) = 1500 * CBR$$

- Se calcula el Módulo Resiliente de la subrasante K en MPa/m; con la siguiente ecuación:

$$Mr \left(\frac{MPa}{m} \right) = 10 * CBR$$

Fuente

$$Mr = 10 (4,3)$$

Espesor de capa granular =	40 centímetros.
Módulo de Elasticidad de la subbase =	140 MPa.
CBR =	5,3%
Módulo de Resiliencia del Suelo Mr =	53 MPa.
Módulo de la Resiliencia Compuesta =	125 MPa.
CBR Compuesto =	12,5%

En este parámetro, para la subrasante, se tienen en cuenta las características físicas y mecánicas de los diferentes tipos de suelo y materiales que se interpretan en el rango y clasificación en el tipo de suelo.

Tabla:15 Clasificación de la subrasante

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

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto – INVIAS –

Por tener un CBR Compuesto de 12,5% la Clase o Tipo de Suelo es S4.

8.9. Material De Soporte Del Pavimento.

En el manual se tienen en cuenta tres tipos de soporte para el pavimento, como se indica en la Tabla 17 el suelo natural, las bases granulares y las bases estabilizadas con cemento de 150 mm de espesor. Su efecto en el espesor de la estructura se tiene en cuenta elevando el valor de la capacidad de soporte del terreno natural o suelo de subrasante.

Tabla:16 Clasificación de los materiales de soporte.

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

Fuente: Manual de diseño de pavimentos de Concreto – INVIAS.

El soporte en este caso es BG – Base Granular

8.10. Características De Los Concretos.

Para los diseños de los pavimentos se escogien 38 calidades de concreto según lo indicado en la Tabla 6, las resistencias a la flexotracción se evalúan a los 28 días y se miden con base en el ensayo resistencia a la flexión del concreto. Método de la viga simple cargada en los tercios de la luz.

Tabla 17. Valores de la resistencia a la flexotraccion.

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

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto - INVIAS

En este caso particular se trabaja con una MR1

8.11. Transferencia De Carga Y Confinamiento Lateral.

Hay dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos laterales del pavimento, ver tabla 19, como son bermas, bordillos o andenes. En este manual no se contempla el uso de acero para reforzar las losas, solo se tiene acero en las dovelas y en las barras de anclaje. El acero de las dovelas en las juntas transversales es liso y con

diámetros de más de 15 mm y el de las barras de anclajes es corrugado y con diámetros menores a los 15 mm.

Tabla 18. Determinación del sistema de transferencia de carga y confinamiento lateral

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

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto – INVIAS

En este caso D y B – Dovelas y Bermas (Las bermas se remplazan por el confinamiento lateral de bordillos y andenes; los cuales cumplen la misma función de confinamiento)

8.12. Estructuras Propuestas.

Teniendo en cuenta los resultados de la proyección del tránsito, el módulo de rotura del concreto de 38Kg/cm² los CBR, % resultados de la evaluación geotécnica, la clasificación de la superficie de soporte y definido el sistema de transferencia de carga y confinamiento se procede a leer en las tablas el espesor de la capa de rodadura. Ver tabla 20 Finalmente en la Figura 10. se muestra la Estructura de pavimento propuesta para la zona de estudio.

Tabla 19. Espesor de capa de rodadura

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

Fuente: Manual de diseño de pavimentos de Concreto – INVIAS.

El espesor de la capa de Pavimento es de 20 centímetros en MR 38Kg/cm²; soportado sobre una estructura de soporte de 40 centímetros de espesor (20 centímetros de relleno mecánico + 20 centímetros de base granular).

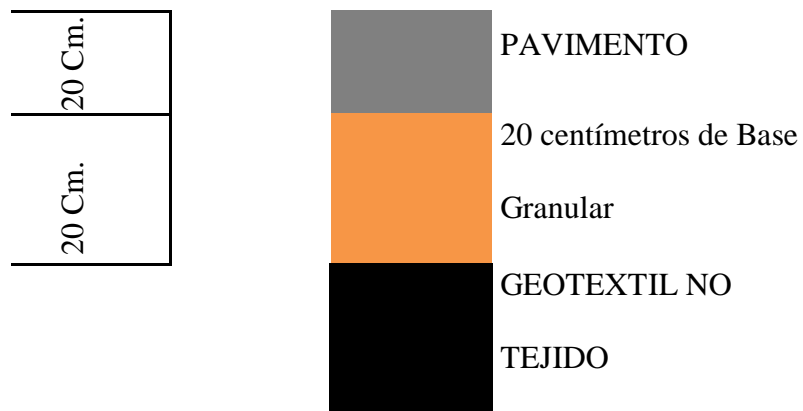


Figura 13. Estructura de pavimento propuesta para el proyecto.

Fuente: Elaboración propia

8.13. Sistema De Transmision De Carga.

Los pasadores de carga son de 1" de diámetro, con una longitud de 350 mm y separación entre centros de 300 mm, para losas de espesor igual a 190 mm y 200 mm.

Tabla:20. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga.

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

Fuente: Manual de diseño de pavimentos de Concreto – INVIAS.

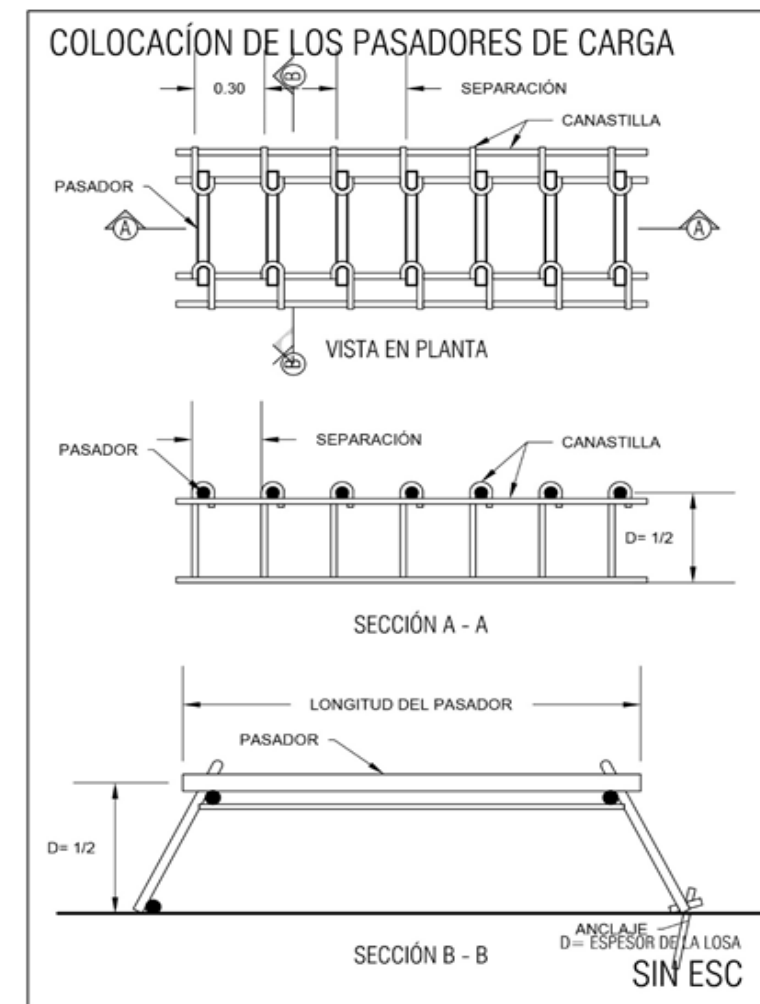


Figura 14: Colocación de Pasadores de Carga

Fuente: Manual de diseño de pavimentos de Concreto – INVIAS

Para la transferencia de cargas y amarre en las juntas longitudinales se debe disponer de barras de acero corrugado de diámetro de $1/2''$ con una longitud de 85 cm, separadas cada 1,20m ($f_y = 60\ 000$ psi).

Tabla 21. Barras de anclaje según el espesor de la losa.

Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")			Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")			Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")					
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de $f_y = 187,5$ MPa (40,000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de $f_y = 280$ MPa (60,000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto – INVIAS

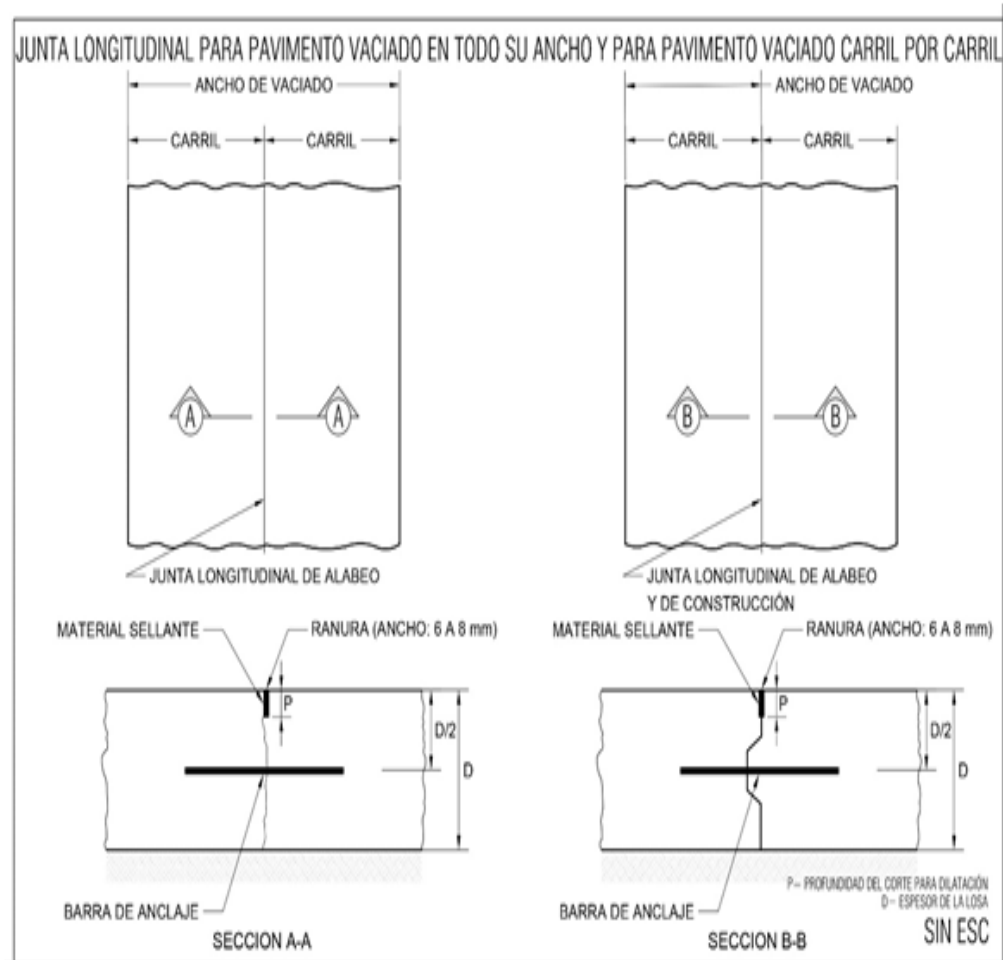


Figura 15: Colocación de Junta Longitudinal.

Fuente: Manual de diseño de pavimentos de Concreto – INVIAS

8.14. Modulaci3n De Las Losas.

El espaciamiento entre las juntas transversales debe estar comprendido entre 3,60 y 5,0 m y la relaci3n entre el largo y ancho de las losas debe oscilar entre 1 y 1,3.

En este dise1o se dimensionaron las losas de 3m de ancho por 3,45m de largo, obteniendo una relaci3n larga/ancho de 1 y 1,3; con la finalidad de controlar las fisuras del concreto por contracci3n y alabeo

8.15. Diseño De Las Juntas De Expansion.

Las juntas de expansión alrededor de elementos incorporados dentro del pavimento, tales como sumideros, cámaras de inspección o cajas, deben estar como mínimo a 300 mm de los bordes de dichos elementos y su forma deber ser poligonal, circular, o semicircular.

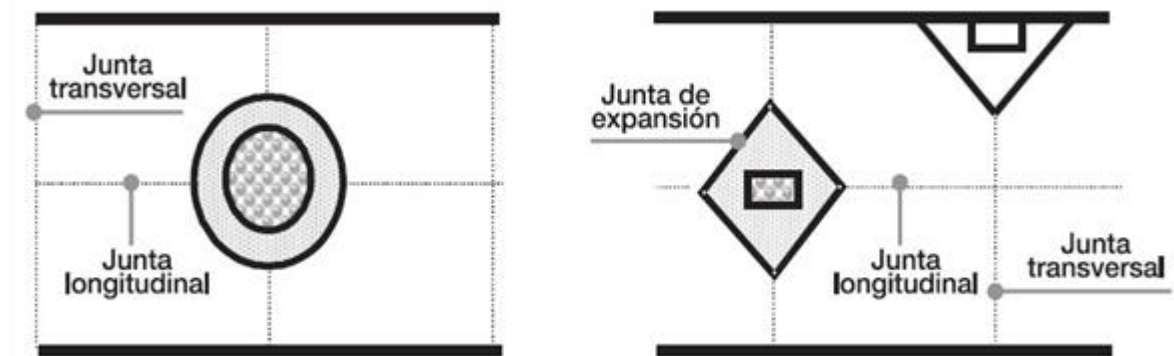


Figura 16. Juntas de expansión alrededor de elementos incorporados dentro del pavimento

Fuente: Manual de diseño de pavimentos de Concreto – INVIA

Cuando se trata de juntas de expansión o aislamiento con una forma poligonal, hay que construir juntas longitudinales o transversales, de contracción, en cada uno de los vértices del polígono. Si la junta de aislamiento tiene forma circular o semi-circular, de ella debe salir al menos una junta longitudinal o transversal de contracción, como muestra la figura 13.

9. DRENAJES Y SUBDRENAJES

Para nadie es extraño suponer que la vida de servicio de la estructura de pavimento está íntimamente ligada a la cantidad y calidad del sistema de drenaje, de tal forma se reciba, capte y evacuen de manera rápida las aguas superficiales y subterráneas en la zona de influencia del pavimento, con el fin de evitar saturación de los suelos o capas estructurales

que generan, sobre todo en los pavimentos rígidos, el fenómeno de "bombeo" expulsando agua y material fino por las juntas y por ende en el futuro el escalonamiento y rotura de las losas.

En los diseños de pavimentos rígidos, se intenta en las diferentes alternativas apoyar la losa sobre capas poco erodables, para contrarrestar tal efecto. Sin embargo, estas soluciones se complementan con un sistema de drenajes acorde con la importancia del proyecto.

Los sistemas de drenaje y subdrenaje ayudan a disipar de forma rápida los incrementos en presiones de poros, aumentando el esfuerzo efectivo y la resistencia al corte. Adicionalmente, evitan la saturación de la estructura de pavimento garantizando la vida útil de éstos. Por tal motivo, es muy importante la ubicación del sistema de drenajes y subdrenaje, el cual debe estar en contacto con los materiales de la estructura de pavimento.

El agua es la principal causa de los problemas en la ingeniería geotécnica y de pavimentos, es por eso que el uso de sistemas de drenaje y subdrenaje se hace indispensable para garantizar la vida útil de las estructuras de pavimento, evitando que éstas se saturen y conservando las propiedades geomecánicas de los suelos.

Cuanto más rápido se capte el agua en las obras civiles, se garantiza una mayor durabilidad de éstas. Esto es debido a que el exceso de agua en los suelos afecta sus propiedades geomecánicas.

El agua es la principal causa de los problemas en la ingeniería geotécnica y de pavimentos, es por eso que el uso de sistemas de subdrenaje se hace indispensable para garantizar la vida útil de las estructuras de pavimento, evitando que éstas se saturen y conservando las propiedades geomecánicas de los suelos.

Cuanto más rápido se capte el agua en las obras civiles, se garantiza una mayor durabilidad de éstas. Esto es debido a que el exceso de agua en los suelos afecta sus propiedades geomecánicas, los mecanismos de transferencia de carga, incrementos de presiones de poros, subpresiones de flujo, presiones hidrostáticas y afecta la susceptibilidad a los cambios volumétricos.

Un sistema de drenaje y subdrenaje eficiente y estable es necesario que esté compuesto por estructuras de captación, conducción, evacuación, medio filtrante y otro drenante. Por ejemplo estructuras hidráulicas (alcantarillas, sumideros, box) obras de arte (cunetas), medios filtrantes y drenante (geotextiles, filtron), y medios de conducción de las aguas como tuberías u otros

10. RECOMENDACIONES

En este tipo de Municipios la opción más viable es la del pavimento rígido, básicamente por disponibilidad de agregados pétreos y por la posibilidad de elaborar concretos hidráulicos sin causar problemas ambientales.

El comportamiento de una estructura de pavimento se encuentra en función tanto de la metodología de diseño aplicada para la determinación de los espesores de las capas estructurales, de la calidad de cada uno de los materiales empleados en la construcción, como del sistema constructivo. Sin embargo, es preciso resaltar la importancia en el manejo del drenaje, ya que la saturación de las capas subyacentes a las losas pueden ocasionar el fenómeno de bombeo (pérdida de soporte de la losa) y generar su colapso; por esta razón es necesario verificar que las medidas adoptadas sean adecuadas, de tal manera que no exista una variación alta en el contenido de humedad, tanto de las capas granulares como de la subrasante. Esta medida puede ser un filtro francés en los cortes e implementación de una capa filtrante.

11. CONCLUSIONES

La construcción de las capas estructurales de pavimento debe considerar un sobreancho mínimo, esto con el fin de permitir una adecuada compactación de la capa en particular y ofrecer estabilidad a las capas superiores.

La construcción de las capas de pavimento debe ceñirse a las especificaciones técnicas de construcción definidas por el INVIAS, año 2007, garantizando tanto la calidad del material a emplear, como los controles a seguir en el proceso constructivo.

Los resultados arrojados fueron 20 centímetros de espesor de placa por el Método ICPC/INVIAS.

Se debe instalar un Geotextil Separador, seguido de una capa granular de 40 centímetros (20 centímetros de relleno mecánico + 20 centímetros de base granular)

El pavimento se debe extender y conformar adecuadamente de acuerdo con las cotas y pendientes del diseño geométrico; el espesor mínimo de losa de concreto corresponde en todo caso al diseñado. El concreto vaciado debe ser protegido de la lluvia durante el proceso de fraguado para evitar incrementos elevados en la relación agua/cemento, lo cual influye en la resistencia final de las mezclas.

12. BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION.

Documentación. Citas y notas de pie de página. Segunda actualización. Santafé de Bogotá D.C. : ICONTEC, 1994. 7 p. (NTC 1487).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION.

Documentación. Numeración de divisiones y subdivisiones. Segunda actualización. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 1994. 4 p. (NTC 1075).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION.

Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Cuarta actualización. Santafé de Bogotá D.C. : ICONTEC, 1994. 38 p. : il. (NTC 1486).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION.

Documentación. Referencias bibliográficas para libros, folletos e informes. Segunda actualización. Santafé de Bogotá D.C. : ICONTEC, 1994. 15 p. (NTC 1160).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION.

Documentación. Referencias bibliográficas para normas. Segunda actualización. Santafé de Bogotá D.C. : ICONTEC, 1994. 6 p. (NTC 1307).

- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras INV – 07. Artículo 300. Bogotá : INVIAS, 2007. p. 2.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Atlas regional Orinoquia-Amazonia. Bogotá: IGAC, 1983. 162 p.
- LONDOÑO N. Cipriano A. Diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de concreto. 3 ed. Medellín: Piloto S.A., 2004. p. 53.
- MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos: Fundamentos, estudios básicos y diseño. 3 ed Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2006.
- MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2006, 612 p.
- LONDOÑO L., Cipriano A. Diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de concreto. Medellín: Instituto Colombiano de productores de cemento, 2004. 184 p.
- PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. Sub-grades and subbases for concrete pavements. Skokie: PCA, 1971. 21 p.