FONDO COLOMBIA EN PAZ

AGENCIA DE RENOVACIÓN

PROGRAMAS DE DESARROLLO CON ENFOQUE TERRITORIAL

CONSTRUCCIONES e Ingeniería s.a.s

DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

MEJORAMIENTO DE LA VIA QUE COMUNICA LAS VEREDAS NAPOLES Y PIÑALITO, EN EL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

REVISIÓN Y APROBACIÓN		
Número de revisión		Final
Responsable de elaboración	Firma Nombre	 José Luis Pérez Arévalo
Ingeniero civil	Matricula	54202-216077
Responsable de aprobación	Firma Nombre	

CONSTRUCCIONES
e Ingeniería s.a.s

ISO 9001:2015
ISO 14001:2015
ISO 45001:2018
BUREAU VERITAS
Certification

MEJORAMIENTO DE LA VIA QUE COMUNICA LAS VEREDAS NAPOLES Y PIÑALITO, EN EL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

DICIEMBRE DE 2022

TABLA DE CONTENIDO

1.1 Introducción 1
1.2 Objetivo y Alcances 3
1.2.1 Objetivo General 3
1.2.2 Objetivos Específicos 3
1.3 ALCANCE 3
1. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 4
2.1 Generalidades 4
2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN GEOTÉCNICA 6
3.1 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DEL PROYECTO 6
3.2 PROCEDIMIENTO 6
3.3 REGISTRO DE PERFORACIONES Y PERFILES ESTRATIGRÁFICOS 7
3.4 PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS Y DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL 7
3. TRÁNSITO 11
4. DISEÑO DEL PAVIMENTO 12
5.2 VERIFICACION ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 12
5.3 DISEÑO DE JUNTAS Y PASADORES 15
5.3.1 Juntas Longitudinales 15
5.3.2 Barras de Anclaje 15
5.3.3 Juntas Transversales 15
5.3.4 Sellado de Juntas 16
5.3.5 Pasadores 19
5.3.6 Juntas de Construcción 19
5.3.7 Juntas de Aislamiento 20
5.3.8 Juntas de Emergencia 22
5.3.9 Losas Reforzadas 23
5. SECCIONES ESQUEMÁTICAS 24
6. CONCLUSIONES 25
7. RECOMENDACIONES 27

INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

A fin de establecer los lineamientos generales del presente estudio, a continuación, se relacionan los aspectos más importantes que dan contexto al mismo.

1.1 INTRODUCCIÓN

El Gobierno Nacional tiene como propósito fundamental trabajar por la paz con base en los principios de legalidad y emprendimiento en aras de obtener estándares de equidad para toda la población nacional. Este ejercicio permitirá superar progresivamente las disparidades y desigualdades existentes, especialmente en los territorios rurales, víctimas del conflicto armado, creando espacios que permitan mejorar la calidad de vida de las personas y generando condiciones de desarrollo económico a través de una agenda de estabilización de territorios en posconflicto.

Es así como se trabaja por fortalecer la presencia del Estado en aquellas regiones donde diversas circunstancias históricas han sido generadoras de violencia y han deteriorado las condiciones de seguridad y de progreso. En este sentido, la implementación de estrategias de intervención en las zonas mencionadas, por parte del Gobierno Nacional, debe estar enfocada en establecer las condiciones óptimas para el desarrollo social y económico sostenible, acelerando la inclusión productiva en las zonas rurales del país a través de la presencia institucional coordinada que permita superar la pobreza.

Con el fin de dar trámite a esta iniciativa, se generaron políticas públicas enfocadas a proteger los derechos humanos, haciendo énfasis en las zonas rurales del país, donde se evidencian las consecuencias del conflicto armado y, por tanto, se requieren procesos de reincorporación y sustitución.

En este contexto, se hace necesario entonces la formulación, implementación y seguimiento de las iniciativas identificadas en cada zona de interés. Para alcanzar este objetivo, se vincula la Agencia de Renovación del territorio (ART) en aras de dar cumplimiento al punto 1 del Acuerdo de Paz con las FARC donde se establece que se debe llevar a cabo una Reforma Rural Integral (RRI), razón por la que se crearon los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET) como herramientas para atender de forma prioritaria a los territorios más afectados.

Se presenta el siguiente estudio de suelos y pavimentos para la construcción de pavimento rígido *en las veredas Nápoles y Piñalito, en el Municipio de Tame en el Departamento De Arauca.*

Principalmente con el estudio de suelos y pavimentos se busca verificar la capacidad de soporte medida mediante CBR, los parámetros de diseños de pavimento, el dimensionamiento y diseño de juntas para la estructura que se proponga. Se tiene en cuenta que la estructura proyectada y concertada con la entidad contratante es de tipo rígido, pues se trata de vías urbanas que requieren un pavimento de mayor duración y menor mantenimiento.

En el presente se muestran las actividades realizadas como reconocimiento de campo, exploración del subsuelo, ensayos de laboratorio y definición de tramos homogéneos desde el punto de vista de resistencia del mismo y dimensionamiento de la estructura.

Como alcance en este proyecto se tiene la exploración mediante apiques de los tramos viales mencionados, para esto se hace una visita, inspección visual, elaboración de apiques y caracterización del material. Posteriormente con los resultados obtenidos se hace el cálculo de parámetros para diseño de pavimento y verificación de la capacidad de soporte, y recomendaciones generales según sea el caso.

Para el presente estudio se toma la del manual de diseño de pavimentos rígidos para bajos, medios y altos volúmenes de tránsito que el INVIAS suministra.

El presente documento tiene como finalidad realizar verificación de estudios y diseños entregados por la ART, que son el resultado de la ejecución de los contratos de consultoría Nos. SC 0152 19, SC 0181 19, SC 0186 19 y SC 0188 19, cuyo objeto es "Realizar la estructuración de proyectos de infraestructura identificados dentro de los Planes de Acción para la Transformación Regional PATR, en el marco de la implementación de los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET)", de acuerdo a el contrato en referencia en la etapa de Revisión, ajuste y apropiación de estudios y diseños y gestión de permisos y/o licencias la empresa, **OR CONSTRUCCIONES E INGENIERIA SAS,** a través de su especialista en el área de pavimentos, realizar la respectiva revisión del documento, que cumpla con los parámetros establecidos, bajo los lineamientos establecidos en el manual de diseño de pavimentos de concretos para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS.

1.2 OBJETIVO Y ALCANCES

1.2.1 Objetivo General

El presente documento tiene como objetivo presentar el diseño de la estructura de pavimento rígido, basado en el procesamiento del trabajo de campo realizado, en la aplicación de criterios y metodologías aceptadas.

1.2.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos para lograr complementar el objetivo general son los siguientes:

- Identificar las Características geotécnicas de los materiales granulares y de Subrasante a partir de la información de los apiques o calicatas llevadas a cabo para la determinación del perfil de la estructura de pavimento.
- Presentar las consideraciones de tránsito adoptadas para el diseño de la estructura de pavimento.
- Establecer los criterios generales para el diseño de la estructura de pavimento.
- Definir las características de los materiales requeridos para las obras de pavimento.
- Presentar las respectivas conclusiones y recomendaciones.

1.3 ALCANCE

El presente documento permitirá desarrollar el diseño de pavimento para el proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA VIA QUE COMUNICA LAS VEREDAS NAPOLES Y PIÑALITO, EN EL MUNICIPIO DE TAME EN EL DEPARTAMENTO DE ARAUCA". Específicamente, la intervención de un sector de 540 metros de longitud, entre el PK3+180 al PK3+720, para mejorar los accesos terrestre en parte del territorio rural del municipio, definiendo para ello espesores y materiales apropiados a instalar de acuerdo a las condiciones del proyecto, esto a partir de la identificación y caracterización de los materiales que conforman la subrasante y material granular existente, la determinación y caracterización a partir de ensayos de laboratorio de las propiedades físicas y mecánicas más importantes de dichos materiales.

1. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo se describen las características generales del proyecto

2.1 GENERALIDADES

Tame es un municipio situado en el suroccidente del departamento de Arauca (Colombia), a una altitud de 343 m s. n. m., ubicado en una meseta de las últimas estribaciones de la Cordillera Oriental, la cual baja encajonada por la vertiente de los ríos Tame y Cravo. Esta región, que comienza en la Sierra Nevada del Cocuy y continúa hacia abajo, también está conformada por sabanas ácidas, en ocasiones cóncavas, fenómeno por el cual se manifiestan mal drenadas; sin embargo, existen en el piedemonte suelos fértiles que permiten cultivos exigentes. Posee diferentes pisos térmicos que van desde el frío de la Sierra Nevada del Cocuy hasta el clima tropical de las sábanas que se extienden después de que concluyen los montes de la cordillera y las selvas.

El proyecto consiste en el mejoramiento de la vía que comunica las veredas Nápoles y Piñalito en el municipio de Tame, departamento de Arauca. Específicamente en 540 metros de longitud, la intervención de tres sectores críticos (PK3+180 al PK3+720).

Actualmente la rasante de la vía se encuentra en terreno natural y algunos sectores con agregado o recebo, con muchos tramos en malas condiciones, sin ningún tipo de intervención duradera que permita el fácil y cómodo tránsito. Además, se observa la presencia de materia vegetal en la vía. Lo cual ha venido contribuyendo a su deterioro y reducción de ancho de calzada.

Tabla 1-1. Localización del Tramo a Intervenir

Tramo	Longitud aproximada (m)	Coordenada Inicio	Coordenada Final
K3+180 AL K 3+720	540	951.037,39 N 1.223.887,60 E	951.266,34 N 1.223.413,44 E

A continuación, se presenta un esquema general con la localización de los tramos del proyecto.

Figura 1-1. Esquema general de la localización del tramo a Intervenir



Fuente: Google Earth

2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN GEOTÉCNICA

El presente capítulo comprende la descripción de la organización de los trabajos de campo y sus características principales, tales como: tipo de exploración, localización y profundidad de la exploración geotécnica, así como los resultados de los ensayos realizados.

Las investigaciones de campo incluyeron la planeación, localización, ejecución de apiques, así como la toma de muestras para ensayos, se determinaron los espesores de los diversos estratos en cada uno de los apiques realizados y se obtuvo el material para los ensayos de laboratorio requeridos.

La finalidad de la exploración geotécnica para el diseño del pavimento consistió en precisar las características físicas y geomecánicas de los estratos existentes, las característicos del subsuelo y del material granular existente y además se realiza la determinación del CBR de los suelos examinados in situ comparando la resistencia del suelo a la penetración con la del material patrón, lo que permite evaluar la calidad relativa de las Subrasantes de los suelos, evaluándose, en lo posible, las condiciones "in situ".

3.1 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DEL PROYECTO

Antes de iniciar la exploración se realizó un reconocimiento del área en donde se llevaron a cabo los apiques, apoyándose en la topografía del sitio, mapas geológicos y toda la información necesaria para la identificación de las características en donde se desarrolla el proyecto.

Una vez analizada la información existente se realizó una visita previa a la iniciación de los trabajos a los sectores a intervenir definiendo la profundidad de la exploración y los sitios para la toma de los apiques o calicatas para pavimentos, referenciando dicha información a partir de coordenadas geográficas (GPS).

3.2 PROCEDIMIENTO

El procedimiento empleado para la realización de los apiques fue el siguiente:

- Se inició el reconocimiento de los materiales que componen los estratos característicos del subsuelo. Cada vez que se encontró un estrato diferente se tomaron muestras representativas para la realización de los ensayos en laboratorio. Para el caso de materiales granulares se tomaron muestras alteradas

para la realización de ensayos tales como Granulometría, lavado sobre el tamiz 200 y límites de consistencia.

- Una vez se tomaron las muestras representativas de suelo se procedió a realizar el perfil estratigráfico, identificando cada uno de los estratos característicos de subsuelo encontrados.

- Inmediatamente terminada la exploración del sitio se procedió a tapar el Apique.

En las diferentes exploraciones geotécnicas, las muestras tomadas fueron llevadas a laboratorio y acopiadas en lugares frescos y aireados para evitar modificar las características naturales de los materiales para posteriormente realizar los ensayos programados.

3.3 REGISTRO DE PERFORACIONES Y PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

Los registros y perfiles estratigráficos, así como las muestras obtenidas sistemáticamente incluyen columna estratigráfica de cada apique, estratos característicos con sus espesores y muestras obtenidas de la exploración.

La exploración geotécnica para el Diseño del Pavimento se orientó al conocimiento del material con base en una serie de ensayos de laboratorio convencionales tales como Granulometrías, Humedad Natural, límites de Atterberg, CBR de Laboratorio, los cuales permiten clasificar la Subrasante y los Materiales Granulares encontrados, determinando de esta forma la calidad relativa del material y por ende correlacionar, de forma general, la clasificación geotécnica realizada con el comportamiento geomecánica de dicho material.

La profundidad media de exploración para el desarrollo de los apiques en el suelo existente de los tramos evaluado se definió en 1.5 metro por debajo de la rasante actual.

A continuación, se presenta en forma gráfica las características principales de las muestras ensayadas:

3.4 PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS Y DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL

En lo sucesivo del presente acápite se presentará, de forma gráfica, el perfil estratigráfico, las características granulométricas, humedad natural, índices de plasticidad y capacidad portante del suelo.

A lo largo del tramo se evidencia una arena limosa, de baja plasticidad, sin embargo se evidencia gran porcentaje de finos.

En cuanto a la capacidad portante del suelo, se encontró valores de CBR mayores a 5%, como se muestra en la Tabla 2-1, y se adopta un CBR de diseño de 5,6%, teniendo en cuenta la metodología INA, adecuado para soportar la estructura de pavimento rígido.

Tabla 2-1. Resumen de los resultados obtenidos en la evaluación geotécnica del tramo a intervenir

Apique	Espesor (m)	USCS	AASHTO	% Grava	% Arena	% Finos	% wn	LL %	LP %	IP %	CBR Lab. 95%	CBR Lab 98%	CBR Lab 100%
1	1,50	SM	A-2-4	0,0	77,5	22,5	10,9	NP	NP	NP	6%	7,7%	9.2%
2	1,50	SM	A-2	0,0	64,3	35,7	11,60	NP	NP	NP	6.6%	9,4%	11.2%
3	1,50	SM	A-2-4	11,5	70,7	17,8	11,2	NP	NP	NP	5.4%	7,6%	9%

Figura 2-1. Perfil estratigráfico del tramo

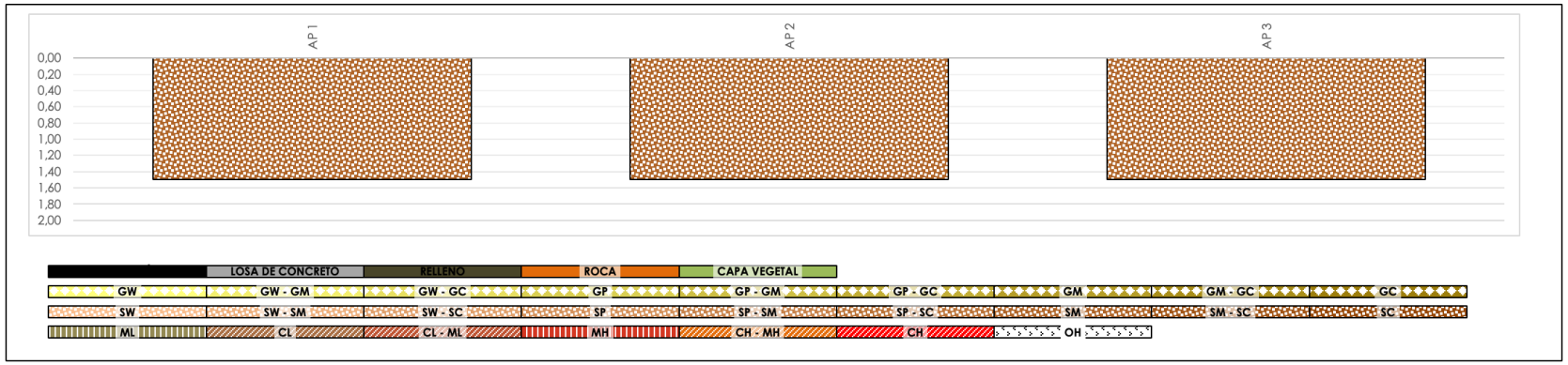


Figura 2-2. Características granulométricas del material en el tramo

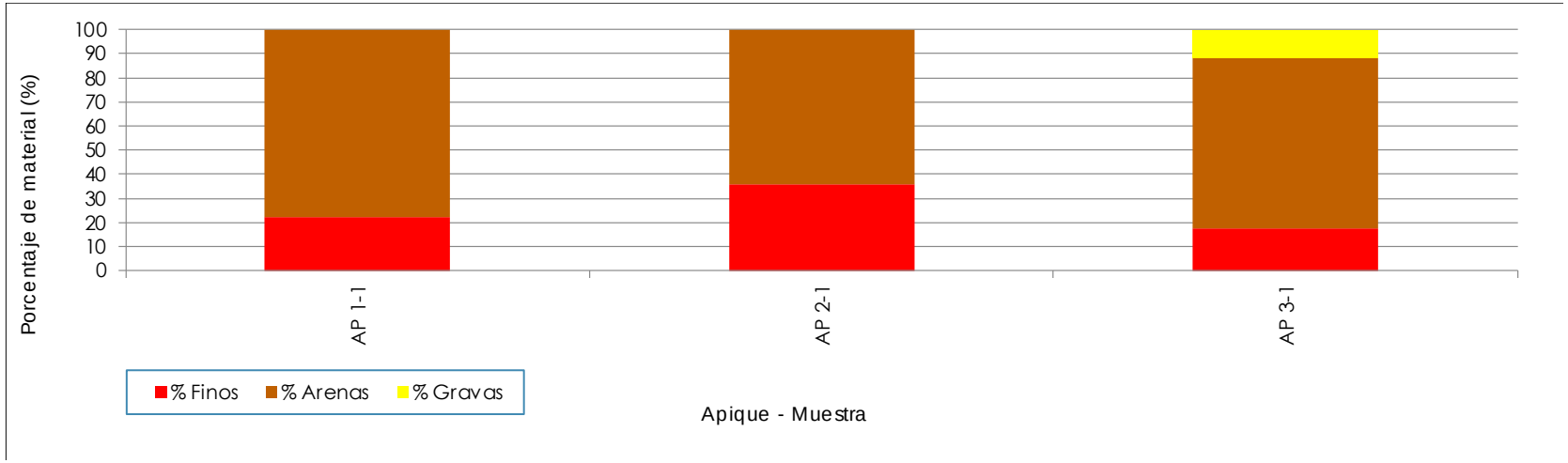
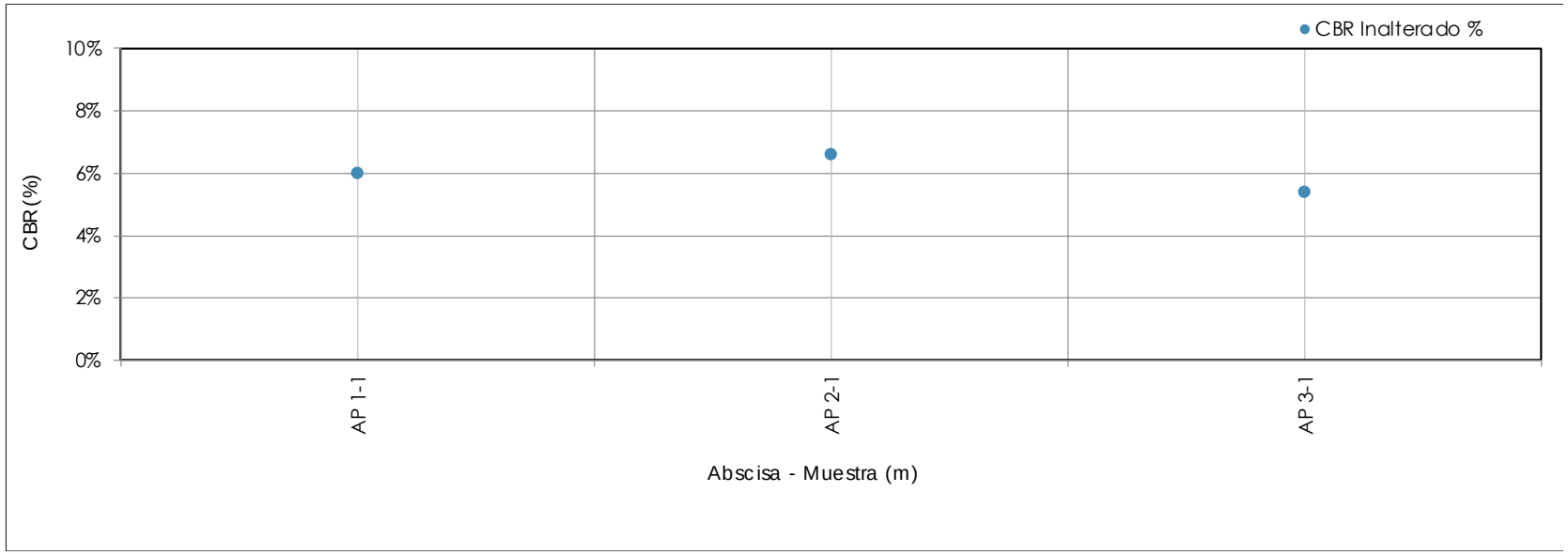


Figura 2-3. CBR de laboratorio en el tramo



3. TRÁNSITO

La información correspondiente a estudio de tránsito y número de ejes equivalentes de diseño se toman del informe de tránsito para el presente proyecto.

Para la vía Terciaria que comunica las veredas Napoles y Piñalito en el municipio de Tame, se estimó un promedio o TPDs (TE) de 25662 vehículos, para los cuales se estima una tasa de crecimiento anual del 4%, un tránsito atraído del 10%, generado del 10% y desarrollado del 5%.

Para las vías estudiadas en este proyecto, para el carril de diseño se determinó un número de ejes equivalentes de 140364 considerando una vida útil 20 años en asociado a la vida útil de un pavimento rígido. Para el estudio se consideró todo el tránsito que circula por las diferentes calles en ambos sentidos. Según el Manual para diseño de pavimentos en concreto del INVÍAS, la vía entra dentro de la categoría más baja de tránsito T0.

Tabla 3-1. Categoría del tránsito para selección de espesores

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

* Vt: Vía terciaria

Fuente: Tabla 3-1. Categorías de tránsito para la selección de espesores, Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, INVIAS.

En el tramo estudiado se espera circulación de vehículos con tamaño máximo C3, los cuales deben ser controlados para que el peso de sus ejes no supere las 8,2 Toneladas.

4. DISEÑO DEL PAVIMENTO

5.1 VERIFICACION ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

La estructura de pavimento está constituida por un conjunto de varias capas superpuestas, con diferentes características que varían de acuerdo a sus propiedades geomecánicas. El número de capas estructurales que requiere el pavimento para soportar el tránsito de diseño, varía en función de la calidad que tenga la Subrasante y los granulares existentes en lo referente a su valor de soporte, además de los valores que, en función de las condiciones de sitio, se adopten para el desarrollo del diseño.

Por lo anterior, este concepto pretende dar veracidad de las alternativas y diseños presentados para los proyectos de vía relacionados a continuación, cumpliendo con lo dicho.

Mejoramiento de la vía terciaria que comunica las veredas e NAPOLES, PIÑALITO del municipio de Tame, departamento del Arauca

Para definir la estructura adecuada de las vías a intervenir, se consideraron diferentes alternativas para la estructura del pavimento, en flexible, rígido y placa huella, y teniendo en cuenta el tipo de vía, la zona de estudio, el tránsito, características del suelo, entre otras, se determinó que la más viable, es en Pavimento Rígido, con un periodo de diseño de 20 años y demás variables necesarias para el cálculo de los espesores de la capa del material granular y la losa de concreto.

Una vez revisado los parámetros de diseño de la zona de estudio, se procede al cálculo del espesor de la losa, como se muestra en la siguiente ilustración, lo cual dio como resultado un espesor de 17 cm., obteniendo consumo de erosión y fatiga menor a 100%, por lo que se considera apropiada la estructura propuesta.

Finalmente, en este proyecto, se realizó un diseño de pavimentos usando la metodología AASTHO – 93, y una verificación usando las tablas suministradas por INVÍAS en su manual de diseño, finalmente se recomienda la estructura calculada por la primera metodología (AASTHO – 93) pues considera más variables de diseño y resulta más económica para el tránsito local, mientras que las tablas de INVÍAS tienen espesores para un rango muy amplio de parámetros.

La estructura propuesta es: una placa en concreto rígido MR. =4.2 MPa (4000psi) de 17.0cm apoyados sobre una capa granular tipo Sub-base clase C o Base Granular clase C de 15cm.

A continuación, se relaciona el resumen de las variables obtenidas y el cálculo del espesor de la losa de concreto.

Tabla 4-2. Parámetros de diseño y cálculo del espesor de la losa de concreto o capa de rodadura

VARIABLES DE DISEÑO		
Tránsito	W_{18}	999999
Confiabilidad	R (%)	85
Desviación	Z_r [-]	-1,037
Error estándar	S_o [-]	0,35
Índice de serviciabilidad final	p_f [-]	2,5
Módulo elástico	E_c [psi]	3597120
Módulo de rotura del concreto	MR [psi]	609
Módulo de reacción de la subrasante	K_{subr} [pci]	153,68
Módulo de reacción combinado de la plataforma	K [pci]	186
Coeficiente de drenaje	C_d [-]	0,9
Coeficiente de transferencia de carga	J [-]	2,7
CALCULOS		
Logaritmo de la variable tránsito	Log (W_{18})	6,0000
Espesor de losa de concreto	D [cm]	**16,3**

Fuente: Elaboración Propia

Como resultado se obtiene una capa de 16,3 cm ≅ 16,5 cm en concreto rígido sobre 15.0cm de subbase granular, por lo que se considera apropiada la estructura propuesta.

Ilustración 1. Esquema de la Estructura de Pavimento en Rígido

LOSA DE CONCRETO MR 42 a los 28 días.	**17.0 cm**
Sub Base Granular C Esp. Art. 300 Invías -13 CBR>30%	**15,0cm**
Subrasante Natural o terraplén compactado mínimo al 95% del próctor Modificado	

Fuente: UNION TEMPORAL SITECOL, 2019[1]

Tabla 4-3. Resumen de las alternativas de intervención escogida para el proyecto

Proyecto	Estructura
Mejoramiento de la vía que comunica las veredas Nápoles y Piñalito, en el municipio de Tame.	15 cm de subbase granular con CBR ≥ 30% + 17 cm de Losa de Concreto MR = 4.2 MPa.

Fuente: Elaboración Propia

Como recomendación, si al momento de realizar las obras de mejoramiento de la vía se detectan suelos blandos o "acolchonamientos", se deberá reemplazar por lo menos 0.30 m de suelo natural por material tipo rajón o pedraplén y un material granular para sello.

En conclusión, las estructuras planteadas cumplen, es decir, son acordes para soportar las cargas vehiculares proyectadas en la zona de estudio.

[1] VOLUMEN IX – DISEÑO DE PAVIMENTOS del proyecto MEJORAMIENTO DE LA VIA QUE COMUNICA LAS VEREDAS NAPOLES Y PIÑALITO, EN EL MUNICIPIO DE TAME DEL DEPARTAMENTO DE ARAUCA por UNION TEMPORAL SITECOL, 2019.

5.2 DISEÑO DE JUNTAS Y PASADORES

5.2.1 Juntas Longitudinales

En la construcción del pavimento, la junta debe ser marcada con una ranura que separe los carriles y proporcione alojamiento para el sellado, unidas por barras de anclaje.

5.2.2 Barras de Anclaje

Las barras de anclaje se diseñan para resistir el esfuerzo de tracción generado por la fricción entre losa y su apoyo. El espaciamiento de las barras de acero varía con el espesor de la losa y la distancia a la junta más cercana al borde libre.

Dados los espesores de losa de diseño, se deberán emplear barras corrugadas con las siguientes características:

- fy = 4,200 kg/cm²,
- Diámetro 1/2" (12.7mm),
- Longitud = 0.85m,
- Separación: 1.15m.

En los casos en que, debido a la colocación de los pasadores de las juntas transversales, la barra de anclaje quede traslapada con éstas, se deberá desplazar la barra de anclaje en la menor longitud posible, de tal forma que se evite el contacto entre barras de éstas y los pasadores. La separación mínima entre la primera barra de anclaje y el extremo del pasador más cercano debe ser de 5.0 cm.

5.2.3 Juntas Transversales

Las juntas transversales o juntas de contracción tienen como función principal controlar la fisuración natural del pavimento provocada por los esfuerzos que se generan en la losa de concreto por la retracción de fraguado del hormigón y por las acciones climáticas (temperatura y humedad).

Longitud máxima de la losa, no debe exceder los 6 metros, y debe cumplir con la relación de esbeltez.

Lmáx = 1.25 b, donde b = ancho de la losa = 2,5 m

Lmáx = 25 h, donde h = espesor de la losa = 0,17 m

Por tanto, el L escogido es igual a 3,125 m

Como criterio ingenieril, es cierto que la losa cuadrada presenta mejor comportamiento por distribuir de mejor forma los esfuerzos. Se recomienda, en la

medida de lo posible, construir losas cuadradas de 2.5 m por 2.5 m dado el significativo comportamiento del pavimento durante su vida de servicio producto de esta consideración. Las dimensiones definitivas de las losas serán producto de la modulación de las mismas.

La modulación de las losas que se recomiendas es de 2.5 m de longitud, con las excepciones que los diferentes anchos de carril u otras condiciones ameriten.

En los casos en que el diseño geométrico obligue la disposición de losas de dimensiones que no cumplan con la relación longitud/ancho o sean de forma irregular, deben reforzarse de acuerdo con lo indicado más adelante.

5.2.4 Sellado de Juntas

El sellante propuesto debe corresponder a una masilla plástica de poliuretano monocomponente de bajo módulo de elasticidad. Capacidad de elongación -50% al 100%.

La expresión definida por el método AASHTO para la estimación del incremento de la abertura de la junta se muestra a continuación:

$$\Delta L = \frac{CL(\alpha_c \times DT_D + Z)}{S} \times 100$$

Dónde:

ΔL : Abertura de la junta producida por la contracción térmica de las losas de concreto (in) valor que, por tanto, corresponde al ancho mínimo de la junta.

S: Elongación permisible del material de sello (%)

α_c : Coeficiente de contracción térmica del concreto hidráulico (°F-1)

Z: Coeficiente de contracción por secado de la losa de concreto (in/in)

L: Espaciamiento entre juntas (in)

DTD: Rango de temperaturas, diferencia entre la máxima temperatura que alcanza el concreto en la colocación y la mínima del año

C: Factor de ajuste debido a la fricción losa / soporte: para el caso de base granular = 0.8, base tratada = 0.65

Los valores adoptados para cada factor son los siguientes:

S: Como se mencionó, la elongación admisible del sellante es del 100% a tracción y 50% a compresión.

α_c: Basado en la tabla 2.10 del numeral 2.5.2, parte II de la Guía AASHTO, que se reproduce en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 4-1 Valores Recomendados de Coeficiente de Contracción Térmica en Función del Tipo de Agregado

Tipo de Agregado	Coeficiente Térmico (10-6 / °F)
Cuarzo	6.6
Arenisca	6.5
Grava	6.0
Granito	5.3
Basalto	4.8
Caliza	3.8

Se adopta un valor de 6.0 x 10-6/°F.

Z: Basado en la Tabla 2.9 del numeral 2.5.2, parte II de la Guía AASHTO

Tabla 4-2 Relación Aproximada Entre Contracción y Resistencia a la Tracción Indirecta

Resistencia a la Tracción Indirecta (psi)	Coeficiente de Contracción (in/in)
300 (o menor)	0.0008
400	0.0006
500	0.00045
600	0.0003
700 (o mayor)	0.0002

De acuerdo con el valor esperado de Módulo de rotura, el valor esperado de la resistencia a la tracción se puede estimar mediante la expresión:

$$MR = 1.28 \times R_T$$

De acuerdo con esto, se tiene que para un MR de 4.2 Mpa el valor a adoptar será de:

RT = 469 psi

Para los valores anteriores, la Tabla 4-2 indica adoptar un coeficiente de contracción intermedio entre 0.0006 y 0.00045, por lo que se adopta 0.0004969.

L: Se empleará como valor crítico una longitud de 3.4 m.

DTD: Dado que no se cuenta con valores de temperaturas máximas de colocación y mínimas anuales de servicio, se hará un análisis con valores de intervalos entre 0 y 40°C.

Dado lo anterior, la siguiente tabla muestra el análisis considerando la losa sobre una base tratada (C = 0.65) para las condiciones a tracción y compresión.

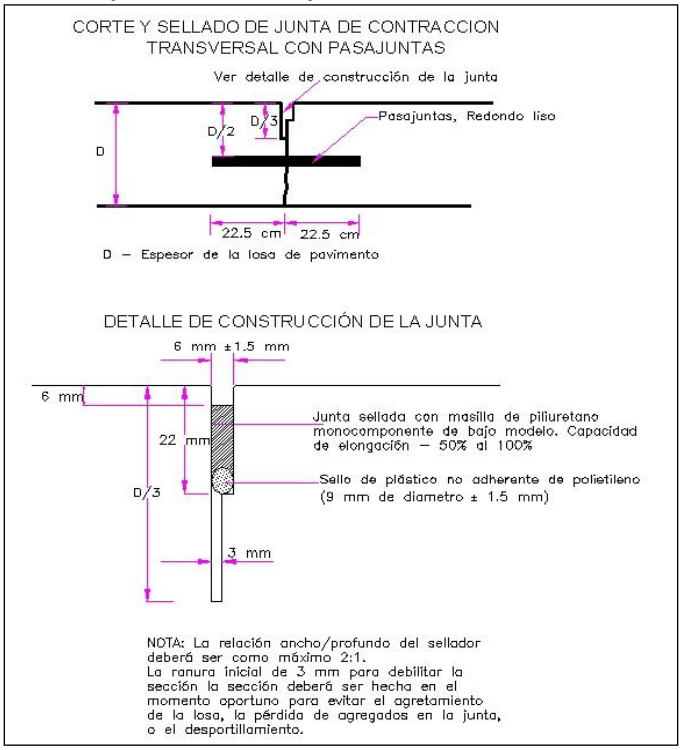
Tabla 4-3 Determinación del Ancho Mínimo de Juntas de Contracción

Condición	ΔT		ΔL	
	°C	°F	en pulgadas	en milímetros
Compresión	0	0	0.0865	2.196
	10	18	0.1053	2.674
	20	36	0.1241	3.151
	30	54	0.1428	3.628
	40	72	0.1616	4.106
Tracción	0	0	0.0432	1.098
	10	18	0.0526	1.337
	20	36	0.0620	1.575
	30	54	0.0714	1.814
	40	72	0.0808	2.053

De la Tabla 4-3 se desprende que el ancho mínimo de junta deberá ser de 5.0 mm, valor derivado de una deformación a compresión de la masilla de sello del 50%, esto es, una elongación de aproximadamente 3.0 mm. Dado los equipos de corte obtienen un ancho de 6 mm, éste es el valor recomendado.

La disposición de la ranura es la mostrada en la Figura 4-1, basada en el análisis del cálculo de la contracción de las losas. Es indispensable para una adecuada durabilidad del sello de la junta que éste tenga en cuenta el menisco o espacio libre entre el tope de la junta y el sello, dado que un exceso en el material ocasionará desgarres del sello por acción del tránsito.

Figura 4-1 Esquema del Corte y Sellado de Juntas de Contracción



5.2.5 Pasadores

En vías de tránsito pesado, la trabazón de agregados puede ser insuficiente para alcanzar una buena transferencia de carga y darle así al pavimento un buen comportamiento a largo plazo. "Los pasadores pueden usarse para aumentar mecánicamente la transferencia de carga cuando el volumen excede a los 120 vehículos pesados por día, o a un tráfico acumulado de 4 ó 5 millones de ejes equivalentes de 82KN" ; este es el caso de las calzadas de la Avenida La Cordialidad, por lo cual, se recomienda la colocación de pasadores entre juntas.

Los pasadores o dovelas transmiten tanto fuerzas de cizalladura como momento flector, permitiendo el libre movimiento horizontal de las losas, por lo cual, al menos una mitad del pasador debe engrasarse, a fin de evitar su adherencia con el concreto que lo rodea. Asimismo, esta libertad de movimiento horizontal exige que los pasadores de una junta sean todos paralelos al eje de la calzada.

A continuación se plasma la recomendación de la AASHTO-93, en función del espesor de la losa.

Tabla 4-4 Dovelas o pasadores en juntas Transversales

Espesor losa (cm)	Diámetro del pasador (pulg)	Longitud total (mm)	Separación entre centros (mm)
16 - 18	7/8	350	300

5.2.6 Juntas de Construcción

Las juntas longitudinales de construcción se presentan cuando el ancho del equipo sólo permite construir el pavimento carril por carril. Esta junta coincide con la longitudinal de alabeo.

Las juntas transversales de construcción se proyectan para que coincidan con las de contracción. La transferencia de carga debe hacerse con pasadores de acero liso, de la misma manera como se han recomendado. Cuando la interrupción es imprevista, se presenta la necesidad de colocar una junta de construcción no proyectada en los planos. A continuación, se transcriben las indicaciones de la ICPC al respecto[2]:

El método más común para finalizar las labores de construcción es rematando la obra contra una formaleta de madera que genera una cara lisa, por lo cual es necesario

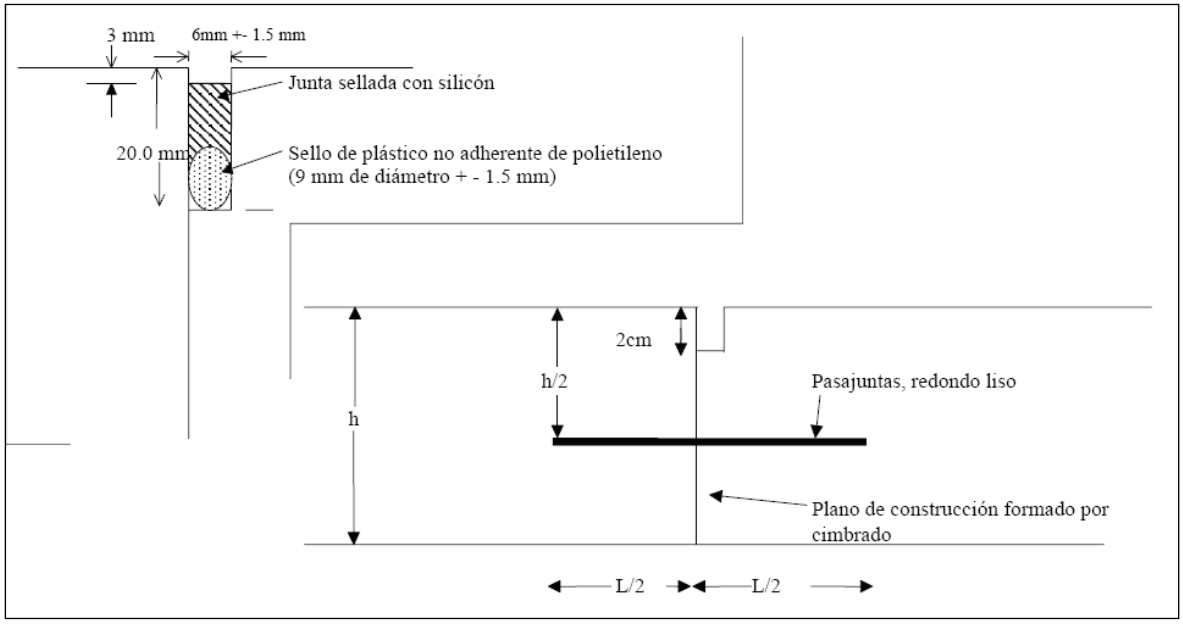
[2] Londoño, Cipriano. Diseño, Construcción y Mantenimiento de Pavimentos de Concreto. 2000. 1a Ed. P. 160

dotar esta junta de pasadores de carga, así en el resto del pavimento la transferencia de cargas se está haciendo a través de la trabazón de agregados y por ende, la formaleta tiene que estar dotada de agujeros que permitan insertar las dovelas.

La formaleta se deja en su sitio hasta el momento de reiniciar las obras cuando se remueve.

(…) Las juntas transversales de construcción no necesitan el corte inicial para debilitar la sección, sólo es necesario hacer el corte secundario para conformar la caja en la que se aloja el material de sello.

Figura 4-2 Junta Transversal de Construcción[3]



5.2.7 Juntas de Aislamiento

Corresponden a las juntas cuya función es el aislamiento de determinada estructura u otras áreas de pavimento, se incluyen puentes, uniones con pavimentos adyacentes e intersecciones, así como pozos, sumideros y cajas.

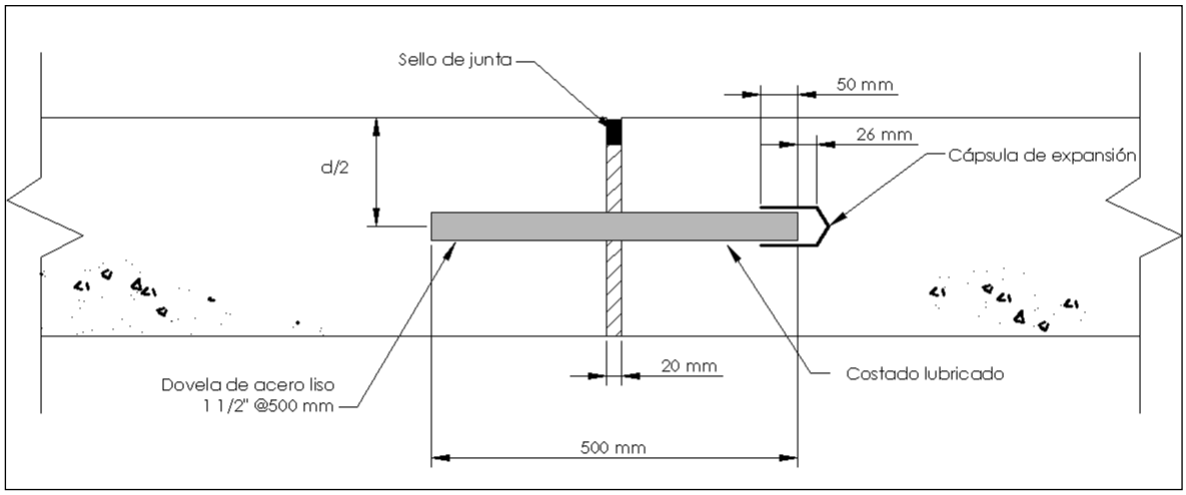
El ancho de las juntas de aislamiento será de 20 mm (± 5 mm).

Las juntas de aislamiento para puentes deberán tener dovelas para transferencia de carga. El extremo de la dovela deberá estar equipado con una cápsula de expansión dentro de la cual la dovela pueda moverse en la medida en que la junta se expanda o

[3] Fuente: Asocreto

contraiga. Dicha cápsula deberá recubrir la dovela en una longitud mínima de 50 mm, así como proporcionar un vacío de 6 mm más el ancho de la junta (ver Figura 4-3)

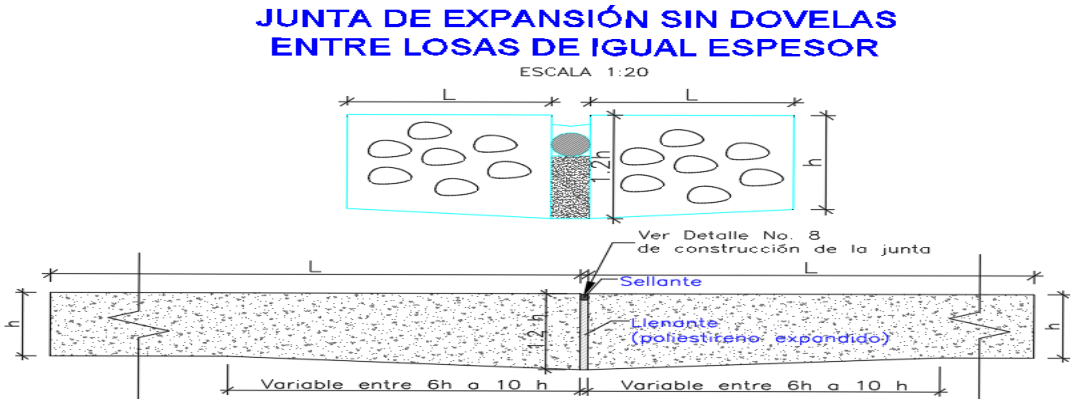
Figura 4-3 Junta de Aislamiento con Dovela de Transferencia de Carga



La cápsula deberá ajustarse en la dovela y ser hermética al agua. La mitad de la dovela con la cápsula deberá recubrirse con grasa a fin de impedir la adherencia y permitir desplazamientos horizontales.

En este caso la losa se construirá incrementando el espesor para absorber esfuerzos de borde no transferidos (ver Figura 4-4). La magnitud del incremento del espesor será del 20% iniciando a 1.5 m del borde de la losa.

Figura 4-4 Junta de Aislamiento con Sobreespesor



Las juntas de aislamiento para cajas, pozos de inspección y sumideros no requieren el sobreespesor ni el empleo de dovelas de transferencia de carga, la Figura 4-5, así como la Figura 4-6, muestra el detalle de la tipología de junta en planta.

Figura 4-5 Junta de Asilamiento en Sumideros Laterales de Rejilla

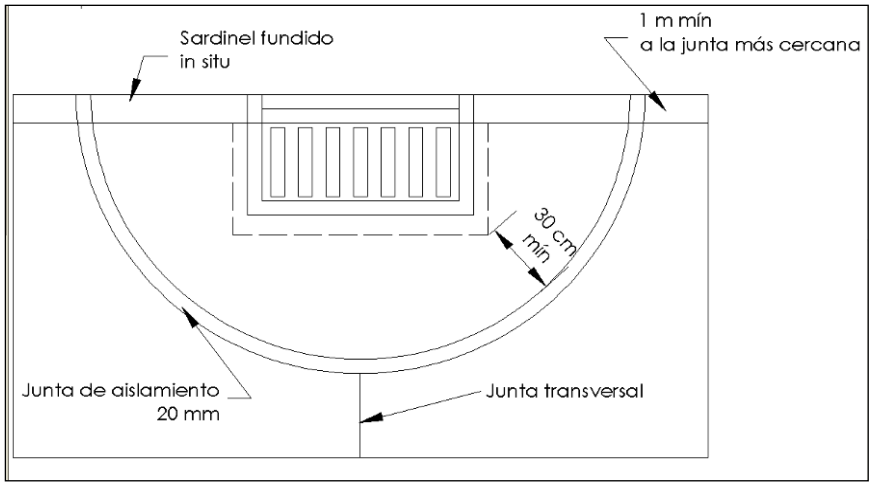
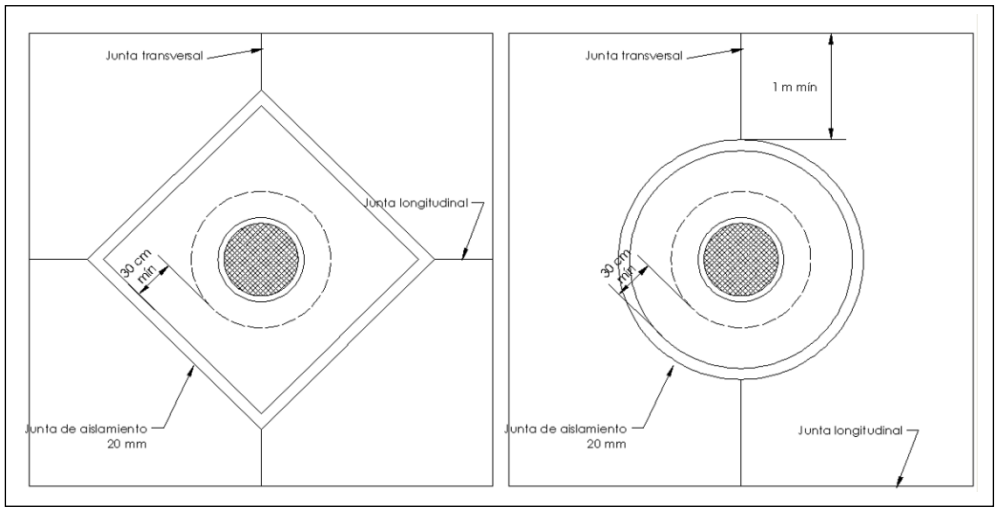


Figura 4-6 Junta de Aislamiento – Pozos de Inspección



El material de relleno de la junta deberá ocupar todo el espacio entre las losas y deberá ser continuo en toda la sección, incluido el sardinel fundido *in situ*. Pueden emplearse materiales de sello y fondo como los mostrados en los casos de juntas transversales.

5.2.8 Juntas de Emergencia

En ocasiones, debido a problemas de suministro del concreto, es posible que el proceso de colocación finalice sin la posibilidad de conformar una losa completa. En estos casos, la junta transversal generada deberá quedar cosida con la siguiente fundida, de modo que se conforme una losa monolítica. Para ello se emplearán las canastillas pasajuntas ***sin engrasar las dovelas***, de modo que se pueda garantizar que la junta quede cosida.

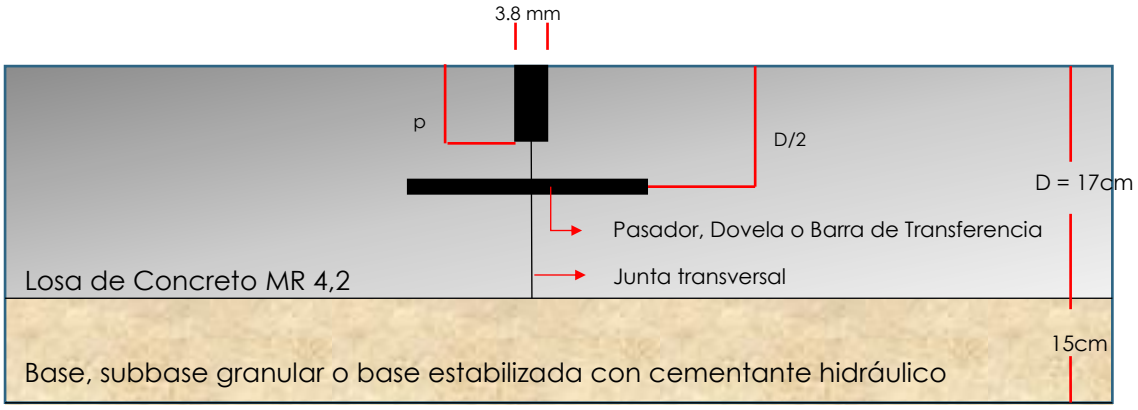
5.2.9 Losas Reforzadas

En los casos en que las losas sean de dimensiones irregulares (en intersecciones, por ejemplo), zonas de parqueo o zonas de estacionamiento, con el fin que la concentración de los esfuerzos no produzca fisuraciones abiertas, se prevé el empleo de acero de refuerzo.

Por tanto, las losas de dimensión irregular, en zonas de parqueo o zonas de estacionamiento, deben reforzarse con doble parrilla de 12.7 mm (½") de diámetro se paradas cada 0.20 m, ubicada a partir de la superficie superior e inferior de la losa a 1/3 de su espesor para que no interfiera con las dovelas de las juntas de contracción, ni con las barras de anclaje de las juntas longitudinales.

5. SECCIONES ESQUEMÁTICAS

Losa de Concreto MR 4.2MPa + Subbase Granular tipo INVIAS



6. CONCLUSIONES

La finalidad de la exploración geotécnica para el diseño del pavimento, consistió en precisar las características físicas de los estratos existentes, además se estimó el CBR de suelos compactados en el laboratorio. Este método evalúa la calidad relativa de la Subrasante, correspondientes a la norma INV E – 118 – 13.

La exploración geotécnica para el Diseño del Pavimento, se orientó al conocimiento del material de Subrasante y de las capas de Material Granular existente con base en una serie de ensayos de laboratorio convencionales tales como Granulometrías, Humedad Natural, límites de Atterberg y CBR, que permiten clasificar los materiales encontrados y de esta forma determinar su calidad relativa y por ende correlacionar de forma general la clasificación realizada con el comportamiento ingenieril de dicho material.

Para el análisis de las propiedades y características de los Materiales existente se llevaron a cabo apiques a una profundidad promedio de 1.50 metros.

Todos los suelos encontrados presentan un bajo potencial expansivo, no se detectó nivel freático, y su composición es limo arenoso o arenas limosas con humedad media a baja en épocas de realización del estudio.

Se hizo un análisis desde el punto de vista del tránsito vehicular, características geológicas y geotécnicas de cada vía para determinar los posibles tramos homogéneos, con base en esto se determinó un único tramo o sector para realizar diseño de pavimento.

Se estimó un valor de CBR de 5.6% para diseño de pavimento sobre la subrasante natural en los tramos viales, los datos se obtuvieron mediante ensayo de CBR de laboratorio y para una densidad de compactación del 95% del próctor modificado.

Se presentó una alternativa en pavimento rígido, teniendo en cuenta la metodología PCA-86, dando como resultado una losa de concreto de 17 cm apoyada sobre un material granular de 15 cm.

Las características de los materiales a emplear en la construcción son las siguientes:

Concreto Hidráulico

El módulo de rotura del concreto (MR) será de 42 Kg/cm² (4.2 Mpa) a los veintiocho (28) días de edad. El módulo de elasticidad del material deberá ser de 28000 MPa.

Acero

Todos los aceros deben cumplir con lo dispuesto en el artículo INV 500-13 numeral 500.2.2 bien sea los elementos de enlace o transferencia de las juntas o como refuerzos de las losas.

Antes de su colocación, los pasadores se deberán revestir con una capa de grasa u otro material que permita el libre movimiento de ellos dentro del concreto e impida su oxidación.

7. RECOMENDACIONES

- Todo material indeseable que se encuentre durante la etapa de construcción tales como basura, materia orgánica, escombros o cualquier elemento que puedan afectar la fundación, el soporte y estabilidad de la estructura de pavimento, debe ser removido y reemplazado. Si al momento de realizar las obras de reconstrucción y/o construcción de estructura nueva se detectan suelos blandos o "acolchonamientos", se deberá reemplazar por lo menos 0.40 m de suelo natural por material tipo rajón o pedraplén y un material granular para sello.

- Dependiendo de la época, se deberán tener en cuenta **barreras contra viento** para evitar los efectos nocivos que las brisas o vientos puedan ocasionar en la calidad del curado traduciéndose en fisuramiento de las losas.

- Es importante anotar que las caras laterales de las losas del concreto, una vez retirada la formaleta, deben curarse tal como lo exige el concreto superficial.

- Con el objeto de separar la estructura de pavimento de la Subrasante, y para brindar una mejor respuesta ante deformaciones de esta, se recomienda la colocación de un Geotextil Tejido, en toda la longitud del proyecto.

MEMORIAL DE RESPONSABILIDADES

Yo JOSE LUIS PEREZ AREVALO identificado con la cédula de ciudadanía No 1.091.657.999, en mi calidad de especialista en diseño de vías, con matrícula profesional No. 54202-216077, CERTIFICO, que EL DISEÑO de PAVIMENTO para el MEJORAMIENTO DE LA VIA QUE COMUNICA LAS VEREDAS NAPOLES Y PIÑALITO, EN EL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA , correspondiente al contrato No. 433 de 2022, cumple con las normativas vigentes el Instituto Nacional de Vías INVIAS. Para este estudio

Por lo tanto, asumo mi responsabilidad referente a lo correspondiente al diseño de pavimentos realizado para dicho proyecto.

Atentamente,



JOSE LUIS PEREZ
Ingeniero Civil
54202-216077