

1. INTRODUCCIÓN

En el presente informe se expone de manera detallada y analítica el diseño de pavimento rígido de la carrera 10 entre calles 11 y 14a en el municipio de Fundación, departamento del Magdalena, aplicando la metodología expuesta en el **Manual De Diseño De Pavimento En Concreto Para Vías De Bajos, Medios, Altos Volúmenes De Tránsito, del INVÍAS**. El cual se construyó 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- versión 1993. Se aplica para un tramo de vía localizado en el municipio de Fundación, departamento del Magdalena. Donde con posterioridad se realizaron los estudios y análisis necesarios para la determinación de las variables que requiere la aplicación de la metodología.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general.

Diseñar mediante la metodología del MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTO EN CONCRETO PARA VÍAS DE BAJOS, MEDIOS, ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO. DEL INVIAS y forma coherente a las condiciones físicas y socio económicas de zona la estructura de pavimento rígido de la carrera 10 entre calles 11 y 14a en el municipio de Fundación, departamento del Magdalena.

2.2. Objetivos Específicos

Determinar en base a las propiedades físicas mecánicas del suelo, el módulo de rotura MR del pavimento rígido y el espesor del pavimento rígido.

Estimar el diámetro, separación y longitud de las barras de transferencia de cargas y de las barras de amarre o barras de anclaje del pavimento rígido.

Enunciar las dimensiones finales en planta que tendrá las placas del pavimento.

Elaborar los planos de modulación de losas.

Elaborar planos detalles constructivos y estructurales de pavimento.

Diseñar aplicando metodologías aceptadas por el Instituto nacional de vías – INVIAS componentes adicionales a la superficie de rodadura, como lo son los **Bordillo**.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1. Descripción de actividades

Este proyecto busca realizar el mejoramiento de la vía de la carrera 10 entre calles 11 y 14a en el municipio de Fundación, departamento del Magdalena, pavimentando 297 metros y sus bocacalles, A fin de mejorar el tránsito, reducir los daños vehiculares y asegurar la movilidad durante todo el año; Esta vía actualmente se encuentra sin pavimento en muy mal estado. las intervenciones que se realizaran son las que se muestran a continuación.

- **Preliminares Y Explanaciones**

Localización y replanteo

Excavación sin clasificar de la explanación

Transporte de material proveniente de la excavación

- **Afirmados, Sub-Bases Y Bases**

Conformación de la calzada existente

Mejoramiento con material tipo afirmado

Suministro y colocación de sub-base granular

- **Pavimento Rígido**

Pavimento de concreto hidráulico MR3

Acero de refuerzo (60.000 PSI)

- **Estructuras Y Drenajes**

Bordillos en concreto de 3000psi.

- **PMA**

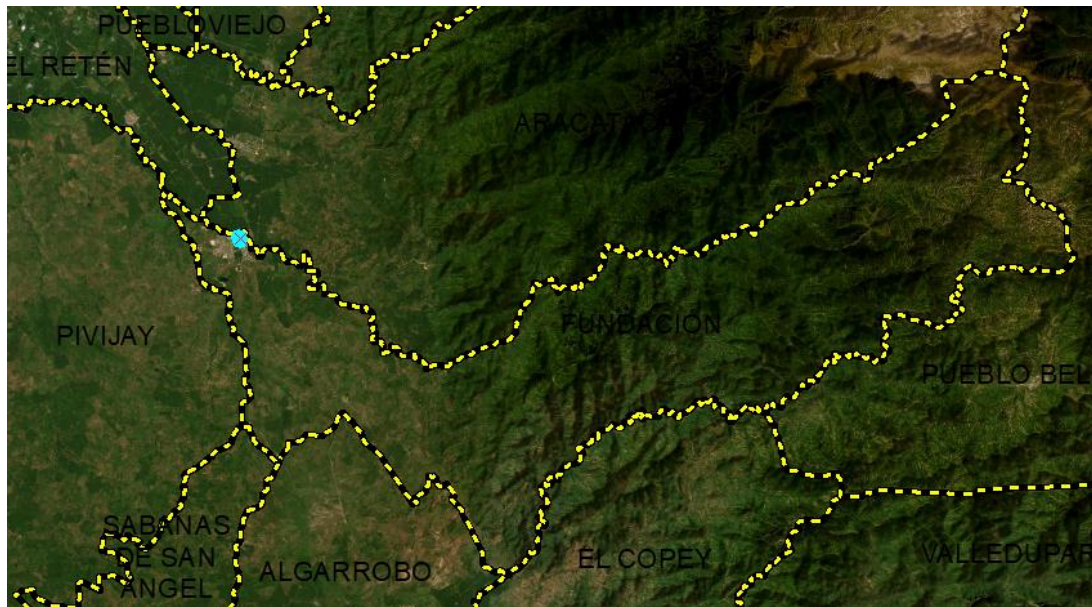
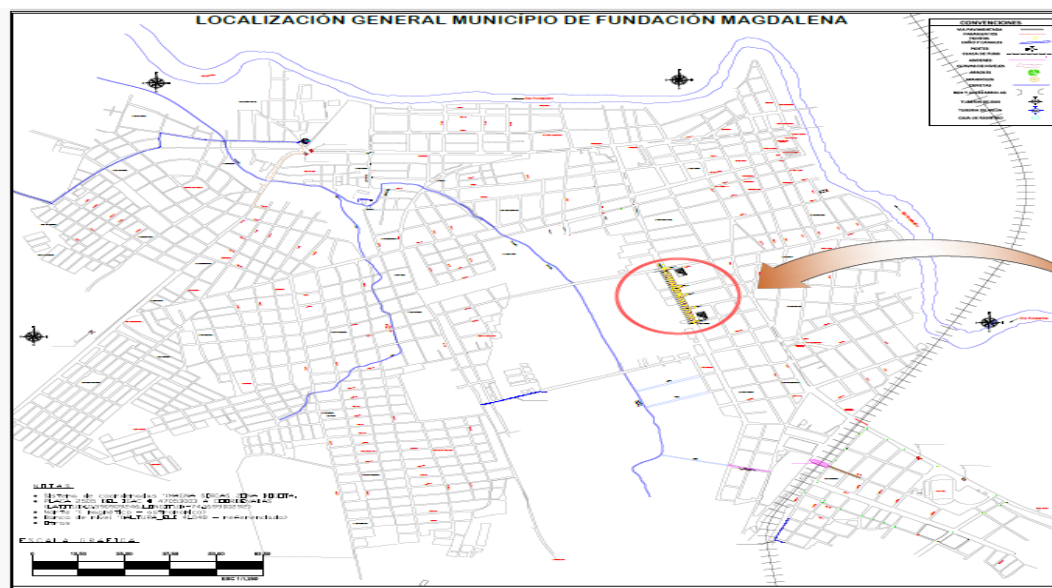
- **PMT**

- **Interventoría**

Con la posterior ejecución de las actividades contempladas en el proyecto mencionadas anteriormente se entregará una vía pavimentada en concreto rígido de con ancho de 6,7 metros con dos carriles y con bordillos de acuerdo con diseños a ambos lados.

3.2. Localización Del Proyecto

El corredor en estudio está conformado por la vía con nomenclatura carrera nueve, entre calle cinco y siete que conduce desde el sector comercial del mercado público al sector céntrico del municipio de Fundación, tiene una longitud aproximada de 297 m. En la siguiente ilustración se presenta la localización del proyecto dentro de su zona de influencia.



Ubicación de referencia Fundación – Zona influencia del proyecto.

El tramo de vía urbana a intervenir, está definido en la carrera 10 y las calles 11 y 14a de la cabecera municipal y tiene una longitud aproximada de 223 m. A continuación, se presentan las coordenadas de inicio y final del proyecto, en coordenadas planas M.S-O.N.

Inicio: 1654850.2260N;

988024.9098E

Fin: 1654572,8120N;

988120,5638E

4. DIAGNÓSTICO VÍA EXISTENTE

El estado actual de la vía existente está en muy malas condiciones, pues se encuentra totalmente erosionada y se requiere la creación de vías alternas que alivien el tráfico del sector, por lo tanto, se hace necesaria una intervención urgente, pues tales factores limitan en gran medida la transitabilidad a lo largo de la vía.

La situación existente de la vía agrava las condiciones socio – económicas de la comunidad afectada, este tramo por su estado genera lentitud en el tráfico, esta situación se intensifica en horas pico, lo que ocasiona múltiples trancones durante todo el día debido a todas las carencias mencionadas anteriormente.

Este es un sector de gran flujo pues este municipio tiene un muy buen desarrollo agrícola y ganadero, estas falencias afectan e incluso desvalorizan las propiedades del sector. Todo esto conduce a impactos negativos en el desarrollo socioeconómico y calidad de vida de las comunidades de esta zona céntrica del municipio de Fundación.

El tramo de vía a intervenir hace parte del recorrido habitual y obligatorio de la comunidad ligada al comercio y de todos los habitantes del municipio de Fundación.

5. CONSIDERACIONES ACERCA DE LA SELECCIÓN DE PAVIMENTOS

Nota: tomado del manual de diseño de pavimento en concreto para vías de bajos, medios, altos volúmenes de tránsito. Del INVIAS.

La Asociación Internacional Permanente de Congresos de Rutas -AIPCR- desarrolló en los años 1980 una guía para seleccionar el tipo de pavimento según las condiciones bajo las cuales se desea construir. Esa guía se actualiza permanentemente y en el año 2005 se hizo la última actualización (Ref. 7.2).

En este capítulo se mostrarán las consideraciones que plantea la guía para la correcta selección de pavimentos. Hay que recordar acá, que la gran mayoría de carreteras en el mundo no están pavimentadas y que de las que sí lo están tienen en general estructuras cuya superficie de rodadura está compuesta por materiales asfálticos, bien sea un concreto asfáltico o un tratamiento superficial. Esto hace que en muchos países al momento de pavimentar se piense en una solución que incluye el concreto asfáltico.

El pavimento de concreto, como cualquier otra solución, tiene su justificación cuando la suma de los costos de construcción y mantenimiento a largo plazo, son inferiores a los de otras aplicaciones. Está demostrado que el costo de operación de los vehículos circulando sobre pavimentos de concreto es menor que el que tienen cuando circulan sobre pavimentos de asfalto (Ref. 7.17), existen estudios en los que se muestra que el consumo de combustibles es menor en los pavimentos de concreto, las distancias de frenado son más cortas (Ref. 7.25) y con ello los accidentes de tránsito son menos graves. También está demostrado que el consumo de energía para iluminar los pavimentos de concreto es menor a (Ref. 7.22), lo cual a largo plazo genera ahorros que pueden ser muy importantes cuando se trata de áreas urbanas.

La competitividad de los pavimentos de concreto está dada por el costo de sus materias primas y por el de las demás alternativas, las materias primas que más influyen en la competitividad de una u otra solución son los costos del cemento, del asfalto, de los agregados, de los equipos y como se dijo en el párrafo anterior, el costo del mantenimiento a lo largo de su vida útil.

En la selección de un tipo de pavimento están involucradas muchas personas con capacidad de influenciar una decisión, por lo tanto, la escogencia de una solución en particular debe nacer del consenso de los involucrados en dicha elección, entre los que están: las autoridades municipales, departamentales o nacionales, los constructores, los diseñadores, los interventores y en algunos casos los mismos usuarios.

5.1. Elementos Para La Elección De Pavimentos De Concreto

La selección del tipo de pavimento está determinada por muchas variables entre las que están los criterios técnicos, los factores económicos del país o de la zona, de las fuentes de materiales, su idoneidad y distancia de acarreo, ahorros en energía, materiales y otros que en determinadas ocasiones pueden inclinar la decisión hacia un pavimento, como pueden ser las condiciones ambientales o la disponibilidad de equipos y de mano de obra.

Desde el punto de vista de la competitividad y de alcanzar mejores ofertas económicas, siempre será deseable mantener el máximo número posible de tipos de pavimentos ya que eso mantiene al día, técnica y económicamente hablando, los sistemas constructivos y evita que en determinadas ocasiones se pueda presentar una parálisis en la construcción de obras, si llegase a faltar un insumo de la construcción.

Hay condiciones que favorecen la utilización de un tipo de pavimento, otras que le quitan posibilidades por lo que en cada obra se debe sopesar la pertinencia de una solución en particular.

A continuación, se enumerarán las variables que influyen en la elección del tipo de pavimento:

5.2. Aspectos Técnicos

5.2.1. Ventajas e inconvenientes de los pavimentos de concreto

La característica que identifica los pavimentos de concreto y de la cual derivan buena parte de sus propiedades y ventajas es su alta rigidez, por la cual le transmiten al suelo, las cargas y esfuerzos en áreas muy grandes. Esta característica hace que con frecuencia los costos de construcción compitan con los de otras alternativas cuando el suelo tiene baja capacidad de soporte o cuando se trata de vías con tráfico pesado o intenso, además de carreteras con tráfico muy bajo, en las cuales el pavimento de concreto se puede construir sobre el suelo sin interposición de una capa de material de soporte.

Los pavimentos de concreto ofrecen una alta resistencia al desgaste, no se ahuecan en ninguna dirección, y cuando las losas tienen menos de 5 m de longitud el efecto de la temperatura en los esfuerzos es despreciable (Ref. 7.15).

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

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

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

5.2.2. Calidad de los agregados

En los pavimentos de concreto se puede utilizar una gama muy amplia de agregados y arenas, si cumplen con unas condiciones mínimas que están relacionadas en especial, con la granulometría (E-123-07) y con el contenido de arcilla (E-124-07) (Ref. 7.5).

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

La experiencia que existe en muchos países indica que se pueden alcanzar buenas resistencias y pavimentos de concreto con buena calidad utilizando agregados extraídos de

las zonas aledañas a los ríos, para su utilización se deben hacer ensayos cualitativos que permitan establecer si se alcanzan los niveles de resistencia establecidos en el diseño.

5.2.3. Subrasante clima

Los pavimentos de concreto son menos sensibles a la capacidad de soporte del suelo y a las condiciones climáticas que otros tipos de pavimentos; donde son más competitivos los pavimentos de concreto es sobre los suelos con baja capacidad de soporte debido a que los esfuerzos los distribuye en áreas muy grandes con lo que las solicitaciones que llegan al suelo son bajas.

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

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

5.3. Aspectos económicos

5.3.1. Costos de construcción y conservación

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

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

Una de las dificultades que tiene la comparación de costos entre diferentes pavimentos radica en que la vida útil de ambas alternativas es diferente, mientras que para los de cobertura asfáltica puede ser tan reducida como cinco años, la de los de concreto puede llegar a ser hasta de 50 años.

Los costos de mantenimiento dependerán de la solidez de la estructura en el momento de la construcción y son más altos cuando el pavimento tiene una estructura débil. Un punto a resaltar es que no existen generalizaciones en el tema de la comparación de alternativas de pavimentación.

Está a favor de los pavimentos de concreto lo que tiene que ver con su longevidad y bajos costos de mantenimiento, siempre y cuando, como sucede también con cualquier obra, estén correctamente concebidos y bien contruidos, pues de lo contrario pueden resultar pavimentos que demanden reparaciones costosas y difíciles de ejecutar.

Una ventaja para los usuarios, derivada de lo anterior, está en que son escasos los cierres para acometer las reparaciones, lo cual mantiene constantes los costos de operación y permite tener certeza en la disponibilidad del servicio.

5.4. Otros factores

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

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

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

5.5. Elección del tipo de pavimento.

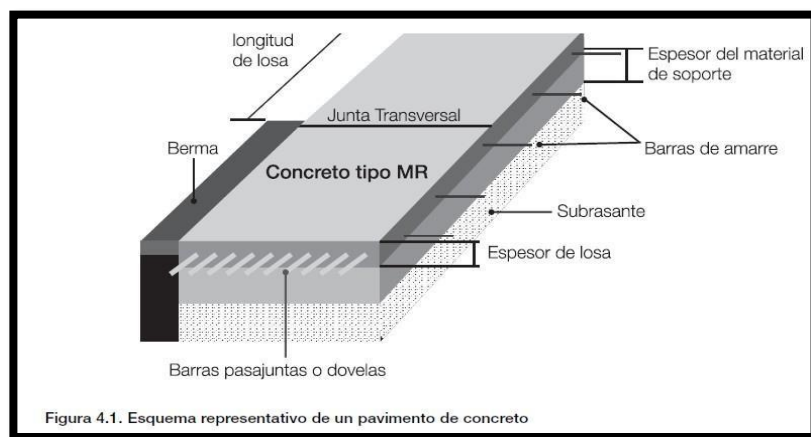
Teniendo en cuenta los elementos para elección del pavimento y las condiciones actuales y reales de la vía que se proponen mejorar con la implementación de pavimento, es conveniente que esta vía se pavimente en concreto rígido puesto que se aplican de manera viable las ventajas descritas en los numerales anteriores.

6. METODOLOGÍA DE DISEÑO

En Colombia los métodos de diseño para los pavimentos de concreto más utilizados son los propuestos por la AASHTO en 1993 y la PCA en 1984. Ambos métodos tienen características distintas y los espesores calculados con ellos, para condiciones similares, pueden ser diferentes, pese a lo anterior, se siguieron las recomendaciones de los dos métodos para la elaboración de las cartas de diseño que se proponen en el catálogo de estructuras del MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTO EN CONCRETO PARA VÍAS DE BAJOS, MEDIOS, ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO. DEL INVIAS, el cual se ha tomado como base para la realización del diseño de pavimento objeto del presente informe.

Los espesores registrados en las Tablas 4-1 a la Tabla 4-7 del MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTO EN CONCRETO PARA VÍAS DE BAJOS, MEDIOS, ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO. DEL INVIAS son el resultado del análisis de más de

70.000 diseños, obtenidos a partir de las metodologías presentadas por la PCA'84 y la AASHTO'93 los cuales se analizaron para seleccionar el abanico de 1.680 estructuras que conforman este manual y que se esquematizan acorde a la figura 4.1.



Las dimensiones de las estructuras propuestas, se obtuvieron al analizar el espectro gráfico de los resultados comparativos entre las metodologías de diseño. Durante el análisis estructural, además de sus resultados, se tuvo en cuenta la tradición nacional, se desecharon aquellos que tenían espesores muy reducidos por considerarlos frágiles y por el otro lado se desecharon los que mostraban valores superiores a 30 cm, dejando para estos casos que el diseñador de los pavimentos recurra a otras fuentes de información.

Los resultados se presentan tabulados en función de las variables seleccionadas y la selección del espesor se hace seleccionando en primer lugar el tránsito (T#), luego se escoge el tipo de suelo (S#) a partir de la capacidad de soporte de la subrasante, a continuación, se define si el pavimento tendrá dovelas (D) o no (ND) y bermas laterales (B) o (NB), hasta este punto los datos se presentan en las columnas.

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

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

7. CÁLCULOS Y PROCEDIMIENTO ANALÍTICO

7.1. Definición De Variables

Los pavimentos se diseñan y construyen con el objetivo de prestar el servicio para el cual fue concebido, durante un periodo determinado, manteniendo unas condiciones de seguridad óptimas, con un costo apropiado.

En el diseño del pavimento es necesario tener en cuenta varios elementos, de los cuales los más importantes son la capacidad de soporte del suelo, el tránsito que circulará sobre la estructura durante todo su periodo de diseño, las condiciones climáticas y los materiales con que se construirá. Se presenta de manera sucinta la descripción de cada una de las variables que fueron tenidas en cuenta en los análisis para la elaboración del catálogo de estructuras y que es ampliada en forma detallada en el compendio de anexos al presente manual.

7.1.1. El tránsito

TPDs: 974

Número de ejes equivalentes de diseño: 1.674.196,14

Periodo de diseño: 20 Años

Crecimiento anual del tránsito: 3 %

Vía de una calzada con dos carriles en ambos sentidos

En este manual se considera un periodo de diseño de 20 años para todos los análisis estructurales, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento.

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T ₀	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000,000
T ₁	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000,000 a 1'500,000
T ₂	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500,000 a 5'000,000
T ₃	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1,001 a 2,500	5'000,000 a 9'000,000
T ₄	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2,501 a 5,000	9'000,000 a 17'000,000
T ₅	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5,001 a 10,000	17'000,000 a 25'000,000
T ₆	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10,001	25'000,000 a 100'000,000

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

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

Teniendo en cuenta la tabla 3- 1 tenemos que la categoría del tránsito del tramo de vías a intervenir corresponde a un T2.

7.1.2. La subrasante

Para el diseño del pavimento, en este manual, se tendrán cinco clases de suelo tal y como se indica en la Tabla 3-2, en la cual, la clasificación se hace con base en la Relación de Soporte de California del suelo –CBR.

Tomado del estudio de suelo: Suelos de la sub rasante: Arena media con parte de grava, no plástica, de color marrón, con espesores aproximados de 80 cm, CBR de diseño: 8,6 %.

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

Tabla 3-2. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.

- De acuerdo con las correlaciones de suelos un SM tiene un CBR de diseño igual a 8,6% Teniendo en cuenta la tabla 3-2 tenemos que la clase de Sub rasante es S3.

7.1.3. Material de soporte para el pavimento

En este manual se tendrán en cuenta tres tipos de soporte para el pavimento, como se indica en la Tabla 3-3, el suelo natural, las bases granulares (Artículo INV- 330-07) y las bases estabilizadas con cemento (Artículo INV-341-07), de 150 mm de espesor. Su efecto en el espesor de la estructura se tendrá en cuenta elevando el valor de la capacidad de soporte del terreno natural o suelo de subrasante.

En este caso se toma como soporte una base granular de 15cm de espesor.

7.1.4. Características del concreto para pavimentos

Para los diseños de los pavimentos se escogieron 4 calidades de concreto según lo indicado en la Tabla 3-4, las resistencias a la flexo - tracción se evalúan a los 28 días y se miden con base en el ensayo Resistencia a la flexión del concreto. Método de la viga simple cargada en los tercios de la luz (Norma INV E414-07).

En este caso se toma un MR3 de 42 Kg/cm²

7.1.5. Dovelas y bermas

Hay dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos laterales del pavimento, como son las bermas, en el manual se identificarán con las siglas indicadas en la Tabla 3-5.

En este manual se presenta el espesor que deben tener los pavimentos en función de la presencia o ausencia de las dovelas y de los elementos confinantes, que para efectos prácticos se denominan genéricamente como bermas.

Hay que tener en cuenta que para algunas condiciones de mala calidad en el soporte o tránsitos altos no se consideran ciertos tipos de pavimentos, como por ejemplo pavimentos sin bermas y sin dovelas.

En este manual no se contempla el uso de acero para reforzar las losas, solo se tendrá 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.

Este caso de acuerdo a las características de pavimento la estructura cuenta con Dovelas y no Bermas.

7.1.6. Otras variables:

Precipitación media anual PMA.

se tiene que la Precipitación media anual PMA en la zona influencia del proyecto es la siguiente: PMA: 1038,94 mm/año de acuerdo con descrito en Estudio Hidrológico E Hidráulico, que Aplicando la tabla 8-7 de la Cartilla de obras MENORES DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES del INVIAS publicado en el año 2023 la categoría de las condiciones de precipitación y drenajes corresponde a P1.

Temperatura Media Anual Promedio TMAP.

De acuerdo con lo establecido en el numeral 3. Generalidades del municipio de fundación se tiene que la Temperatura Media Anual Promedio TMAP en la zona influencia del proyecto es la siguiente: TMAP: 29° C

Promedio de pendientes Longitudinales (%)

Tomado del plano planta perfil del diseño geométrico se tiene las siguientes pendientes están por debajo del 5% .

Presencia de Drenajes superficiales:

El proyecto presenta la presencia de cunetas y obras de drenaje que funcionan como drenaje superficial – longitudinal y transversal.

Tipo de economía. la economía de esta zona en particular corresponde con mayor predominancia agropecuario (agrícola y pecuaria)

Disponibilidad de materiales granulares

Si, Disponibilidad de materiales a 45,35 km en vecino municipio de El Copey Cesar

Disponibilidad de Cal:

Si, Ferreterías locales en la cabecera municipal.

Disponibilidad de Cemento.

Si, Ferreterías locales en la cabecera municipal.

Disponibilidad de acero para refuerzo

Si, Ferreterías locales en la cabecera municipal.

Periodicidad del mantenimiento en año.

Tomado del plan de sostenibilidad se considera baja.

7.2. Diseño del pavimento del proyecto.

A continuación, describirán los pasos a seguir con la información del proyecto particular de pavimentación: (Teniendo en cuenta los estudios del que se deriva el presente Diseño. Los cuales están incluidos en el proyecto del que hace parte el presente Diseño).

Datos:

El número de ejes de 8.2 t en el periodo de diseño, estimados sería: 1.674.196,14

TPDs= 974

TASA DE CRECIMIENTO r (%): 3

Periodo de diseño: 20 Años

Suelos de la sub rasante: Arena media color marrón con parte de grava.

Material de soporte: bg -bases granulares (artículo inv- 330-07) de espesor de 15cm.

Módulo de rotura del concreto: MR 3 – 42 Kg/Cm²

Bermas o bordillos: Si

Dovelas: Si

Categoría del Transito: T2

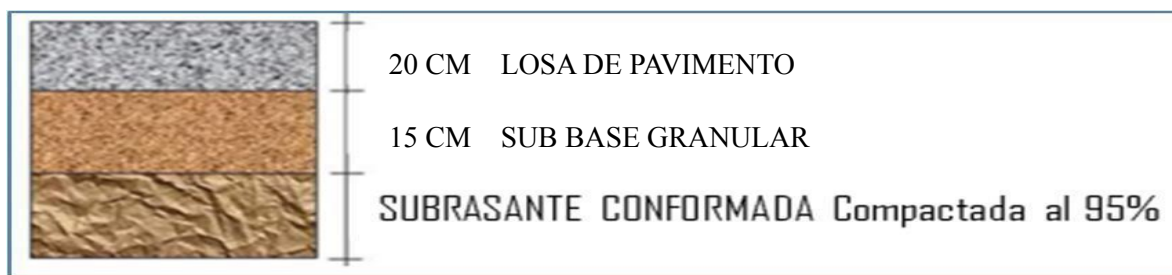
Clasificación de la sub rasante: S3

Cálculo de espesores de acuerdo con estas suposiciones (T2 – S3 – DyB – MR3- BG)

ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																					
Tránsito T2																					
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1	25	29	25	29	24	28	24	28	22	26	22	26	22	25	22	25	21	25	22	25
	MR2	24	28	25	28	24	27	24	27	22	25	22	25	21	24	22	24	21	24	22	24
	MR3	24	27	25	27	24	28	26	28	21	24	22	24	20	23	22	23	20	23	22	23
	MR4	22	26	25	26	23	27	26	27	20	23	22	24	19	22	22	23	19	22	22	23
BG	MR1	24	28	24	28	23	27	23	27	22	25	22	25	21	25	22	25	21	24	21	24
	MR2	23	27	23	27	23	26	23	26	21	24	22	24	21	24	22	24	20	23	21	23
	MR3	22	26	23	26	23	27	25	27	20	24	22	24	20	23	22	23	20	23	21	23
	MR4	21	25	23	25	22	26	25	26	19	23	22	23	19	22	22	23	19	22	21	23
BEC	MR1	21	24	21	24	21	24	21	24	19	22	21	22	19	22	20	22	19	21	20	22
	MR2	20	23	21	23	20	23	21	23	19	21	21	22	18	21	20	22	18	20	20	22
	MR3	19	23	21	23	20	23	23	24	18	21	21	22	18	20	20	22	17	20	20	22
	MR4	18	22	21	23	19	22	23	24	17	20	21	22	17	19	20	22	17	19	20	22

Tabla 4-3. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T2 como factor principal

De acuerdo con las combinaciones de todas las variables anteriormente expuesta y dándole valor a cada una de las variables según los diferentes estudios, se obtiene el espesor de placa para la vía en estudio de 20 cm. Lo cual garantizaría una estructura de pavimento con las condiciones técnicas para soportar el tipo de tránsito que por ella circula, a continuación, se ilustra la estructura propuesta:



7.3. Juntas Transversales y Longitudinales

Tomando como base los descrito en el numeral 3.5 del Manual de diseño de pavimento en concreto en concreto para vías con medianos, bajos y altos niveles de tránsito del INVIAS

“Las juntas son parte importante de los pavimentos de concreto y se hacen con el fin de controlar los esfuerzos que se presentan en el concreto como consecuencia de los movimientos de contracción y de dilatación del material y a los cambios de temperatura y Humedad, entre la cara superficial y la de soporte de las losas de concreto (Ref. 7.15 y Ref. 7.16).

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

Las juntas longitudinales pueden ser de alabeo o de construcción. El objetivo básico de estas juntas es el de controlar las fisuras que se pueden presentar en los pavimentos cuando se construyen con anchos superiores a los 4,5 metros.

Con base a lo anteriormente expuesto las juntas para los tramos de vías analizados quedaran así:

Una vía de una Calzada, con dos carriles de 3,35 m de ancho con flujos en ambos sentido, Confinado con dovelas y bordillos y en consideración a lo expuesto en el numeral 3.5 del Manual de diseño de pavimento en concreto en concreto para vías con medianos, bajos y altos niveles de tránsito del INVIA, la junta longitudinal se localizará a la mitad de la calzada es decir como separación de los dos carriles de 3,35 metros de ancho y las junta transversales separada una de la otra cada 4,2 metros en sentido perpendicular a las juntas longitudinales, que corresponde a una relación de largo – ancho de 1,25 cumpliendo con la recomendación dada el INVIA.

7.4. Refuerzo de Juntas longitudinales

Las juntas longitudinales pueden ser de alabeo o de construcción. El objetivo básico de estas juntas es el de controlar las fisuras que se pueden presentar en los pavimentos cuando se construyen con anchos superiores a los 4,5 metros. En nuestro medio, en el cual existe la tradición de construir los pavimentos por carriles, Para el caso en especial que nos ocupa el ancho será de 3.35, las juntas longitudinales son normalmente de construcción.

Cuando el pavimento que se construye no tiene confinamiento lateral, es necesario dotar las juntas Longitudinales con barras de anclaje, para impedir el desplazamiento de las losas de un carril, respecto a las del otro. Los aceros, como se dijo deben cumplir con el Artículo INV 500-07 y lo que sea aplicable del Artículo 640-07, se admiten aceros con resistencia de 187,5 MPa (40000 psi) y 280 MPa (60000 psi).

La selección del diámetro, separación, longitud y resistencia de las barras de anclaje, se puede hacer según los criterios indicados en la Tabla 6-1.

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 $f_y=137,5$ 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		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20		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	0,65	0,90	0,80	0,75	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Tabla 6-1. Recomendación para las barras de anclaje

Teniendo en cuenta que el espesor de la Losa es de 200 mm, el Acero es 60.000 Psi y Una separación Ancho del carril igual a 3.35 m, Se tiene que el refuerzo Longitudinal es 0.85 m de longitud, de ϕ de 1/2", separados cada 120 cm.

7.5. Cálculo de Diámetros y separación de Barras de transferencia

Cuando la trabazón de agregados no es suficiente para lograr la transmisión de carga, se pueden utilizar, para alcanzar dicho objetivo, varillas de transferencia de carga, conocidas como pasadores de carga, o dovelas, que son, barras de acero cortas y lisas con un límite de fluencia (f_y) mínimo de 280 MPa (2800 kg/cm² o 60000 psi), de acuerdo con el Artículo INV 500-07 y el Artículo INV 640-07, metidas dentro del concreto fresco.

Los pasadores se instalan en las juntas de tal manera que les permitan a las losas separarse y unirse entre sí, pero no desplazarse verticalmente, y su función es, entonces, absorber los esfuerzos de cortante, generados por las cargas del tránsito al cruzar las juntas y transmitir a la losa adyacente entre el 40 y 45% de la carga de diseño.

En cuanto a las dimensiones, espaciamiento y longitud de los pasadores, la práctica se ha reducido a la aplicación de los criterios indicados en la Tabla 6-2.

Los pasadores se deben colocar en la mitad del espesor de las losas, paralelos entre sí, al eje longitudinal de la vía y a la superficie del pavimento, con una tolerancia medida en el extremo del pasador que no sobrepase los 10 mm respecto a la posición teórica. La manera más eficiente de lograr esto, es la de colocar los pasadores sobre unos soportes hechos con varillas, que quedan embebidos en el concreto

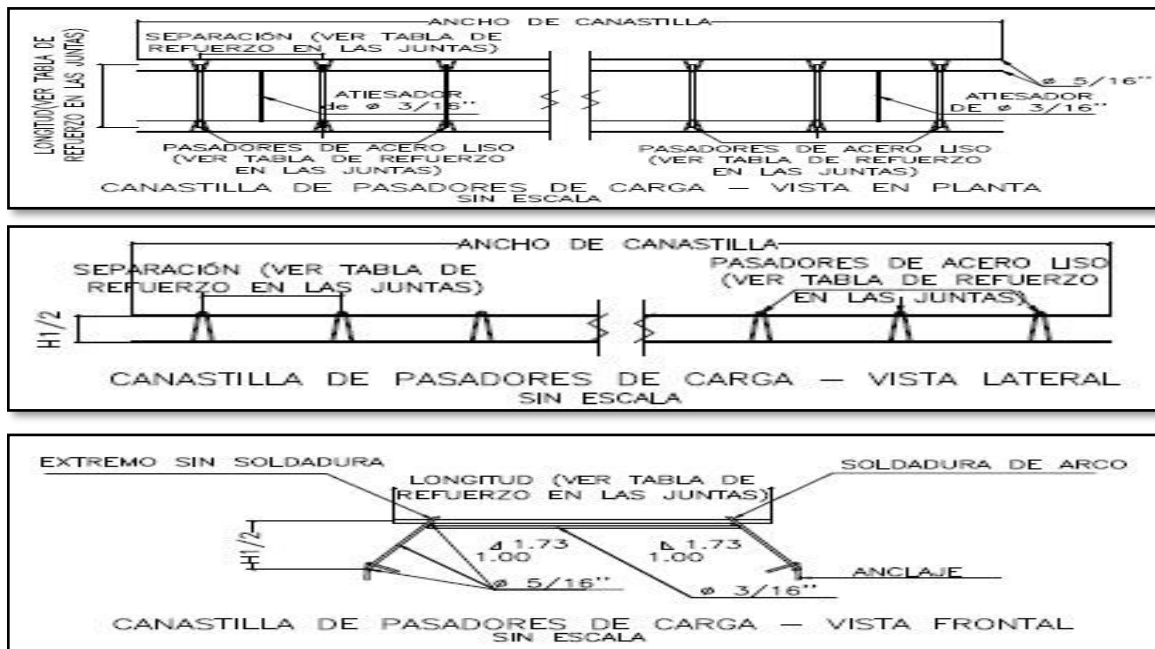
Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud		Separación entre centros	
	mm	Pulgada	mm		mm	
0 - 100	13	1/2	250		300	
110 - 130	16	5/8	300		300	
140 - 150	19	3/4	350		300	
160 - 180	22	7/8	350		300	
190 - 200	25	1	350		300	
210 - 230	29	1 1/8	400		300	
240 - 250	32	1 1/4	450		300	
260 - 280	35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

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

Teniendo en cuenta que el espesor de la Losa es de 200 mm, el Acero es 60.000 Psi y Un Ancho del carril igual a 3.35 m, Se tiene que el refuerzo transversal es de 35 cm de longitud y de Ø de 1", separados cada 30 cm.

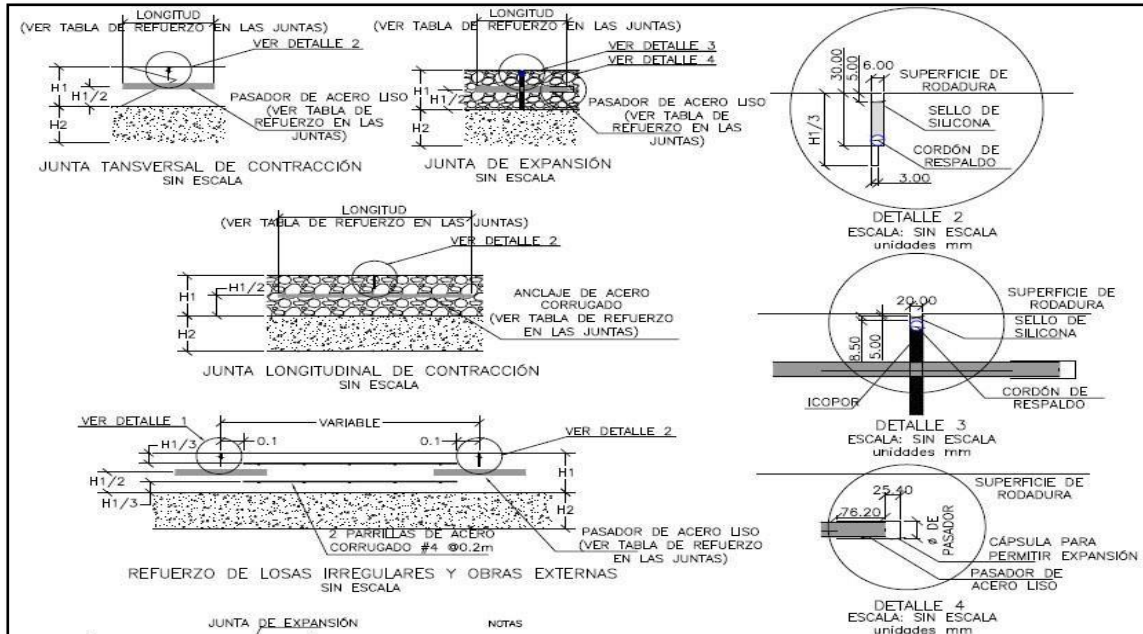
7.6. Detalles de canastillas

Los detalles de canastillas son tomados de la Cartilla de obras MENORES DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES del INVIAS publicado en el año 2023 mostrados en plano 120 y son los que se muestran a continuación

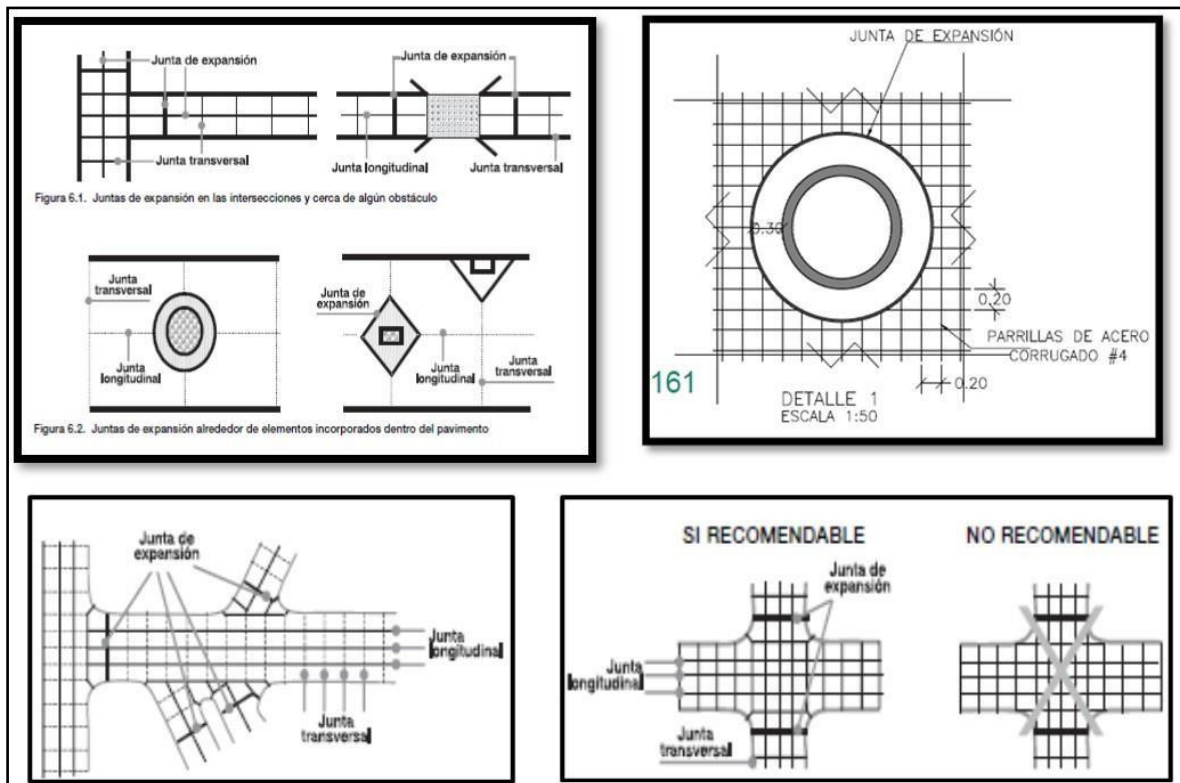


7.7. Detalles de juntas

Los detalles de Juntas son tomados del Cartilla de obras MENORES DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES del INVIAS publicado en el año 2023 mostrados en plano 120 y son los que se muestran a continuación



7.8. Detalles de Juntas Irregulares



La distribución geométrica de las juntas se inicia con la definición de los lugares en los cuales se colocan las juntas de expansión o aislamiento, que por regla general se localizan en la losa anterior al punto en donde se presenta la particularidad, como se indica en las figuras anteriores, en el caso de intersecciones, se recomienda que la junta de expansión se construya sobre la vía de menor importancia.

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, como se observa en la en las figuras anteriores.

Refuerzo de losas irregulares: parrilla con varillas No 4 cada 20 cm en ambos sentidos.
Refuerzo de canastillas: Elaboradas en varillas 5/16", 3/16" y 1/4"

8. DISEÑOS DE BORDILOS

8.1. Concepto de Bordillos

El bordillo es un elemento de forma prismática, macizo y con una sección transversal condicionada. Se usa para separar superficies a nivel o desnivel, con el fin de delimitar visualmente, confinar un área determinada, o separar superficies con diferentes tipos de tráfico.

Funciones: En las ciudades medievales predominaban los peatones y el uso masivo del vehículo con ruedas, esto, contribuyó de una manera importante a la evolución del trazado viario. De esta manera, surgió la necesidad de separar los tráficos de peatones y vehículos, empleándose para ello bolardos de piedra o metálicos como elementos delimitadores. Bordillos vaciados in situ manualmente

8.2. Bordillos de concreto vaciado en el sitio:

La resistencia a la compresión del concreto para los bordillos debe ser mínimo de 21 MPa, el curado se debe hacer manteniéndolo bajo humedad por lo menos durante siete (7) días. Las caras a la vista de los bordillos se deben esmaltar con mortero de cemento y arena, con una relación 1: 2. Los bordillos deben protegerse en forma adecuada para evitar su deterioro antes del fraguado del concreto. Las formaletas para su construcción deben garantizar caras uniformes, compactas, rectas y lisas en la superficie de concreto, y se colocan siguiendo los alineamientos y pendientes, de acuerdo con las dimensiones requeridas. El vaciado se debe hacer en módulos, máximo de 1.5 m de longitud, y en forma alternada, cuando los vaciados se realicen con formaleta deslizante se deben cortar juntas de 3 a 10 mm de espesor y a una profundidad de 40 mm siguiendo lo establecido en la Norma NTC 4109. Se debe tener especial cuidado con el alineamiento de las caras, pues serán rechazadas si presentan ondulaciones o imperfectos.

Para escogencia del bordillo se tiene cuenta lo establecido en proceso de construcción del INVIAS para bordillos y bermas en este caso se asume de 20 de altura por 15 de ancho con el hierro tipo grapa empotrada en la losa cada 40 cm de diámetro de 3/8" y con dos varillas longitudinales de diámetro de 3/8"

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se concluye la estructura de pavimento es uniforme en todas vías con espesor de 20 cm de concreto de MR3 y una Base Granular 15 cm, con una calzada 6,7 m y compuesta por dos carriles en ambos sentidos, cada uno de 3,35 metros ancho, con juntas transversales cada 4.2m, un bordillo de 15 cm de espesor por 20 cm de alto construidos concreto de 3000 psi en sitio. Las rasantes compactadas a una densidad del 95% del Proctor Modificado.

El concreto del pavimento contara con los refuerzos de acuerdo a lo establecido en este diseño y los planos anexos, aceros de juntas transversal de $\varnothing 1"$, de longitud de 35 cm separados a cada 30 cm. Y un acero de junta Longitudinal de 0.85 m de longitud, de $\varnothing$ de $\frac{1}{2}"$, separados cada 120 cm.

Se recomienda aplicar los procesos constructivos y especificaciones técnicas del INVIAS para las distintas actividades que se generen en la respectiva construcción del pavimento.

Se recomienda calcular las cantidades de obras para los pavimentos teniendo cuenta los diseños acá establecidos y memorias del diseño geométrico en referencia a cantidad de volumen de excavación y terraplén.



Fabio Alberto Osorio Osorio
C.C. 1.081.816.022
M.P. 08202-411746 ATL.