

ANALISIS DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN INFRAESTRUCTURA VIAL
PARA LA GENERACION DE CARTILLA DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE
PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO APLICADOS EN TRANSITOS
VEHICULARES DE BAJOS VOLUMENES EN LA REGION DEL ALTO MAGDALENA

EDNA ROCIO DIAZ GUTIERREZ
MIGUEL ANDRES ROJAS QUIROGA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
GIRARDOT- COLOMBIA

2018

ANALISIS DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN INFRAESTRUCTURA VIAL
PARA LA GENERACION DE CARTILLA DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE
PAVIMENRTOS DE CONCRETO HIDRAULICO APLICADOS EN TRANSITOS
VEHICULARES DE BAJOS VOLUMENES EN LA REGION DEL ALTO MAGDALENA

EDNA ROCIO DIAZ GUTIERREZ

MIGUEL ANDRES ROJAS QUIROGA

Trabajo realizado a manera de monografía para optar por el título de Ing. Civil.

Asesor

HUMBERTO GONZALEZ MOSQUERA

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

SECCIONAL ALTO MAGNALENA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

GIRARDOT-COLOMBIA

2018

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCION	3
2. PROBLEMA.....	6
2.1. Planteamiento.....	6
2.2. Descripción	6
2.3. Formulación	6
2.4. Preguntas generadoras	6
3. OBJETIVOS	7
3.1. Objetivo General.....	7
3.2. Objetivos Específicos.....	7
4. JUSTIFICACIÓN	8
4.1. Justificación general.....	8
5. MARCO REFERENCIAL.....	9
5.1. Marco Histórico	9
5.2. Marco Teórico.....	9
5.2.1. Consideraciones acerca de la selección de pavimentos	9
5.1.2. Definición de variables.....	13
5.2. Marco Legal	18

5.3.	Marco Conceptual.....	20
5.4.	Marco Contextual.....	21
6.	DISEÑO METODOLOGICO.....	22
6.1	Población	22
6.2	Tipo de estudio	22
6.2.1	Información primaria.	22
6.3	Descripción de diseño metodológico.....	22
6.3.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO.	23
6.3.2	CERRAMIENTO Y SEÑALIZACIÓN	24
6.3.3	DEMOLICIÓN Y REMOCIÓN	24
6.3.3	EXCAVACIÓN Y RETIRO.....	24
6.3.4	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA CON MATERIAL SELECCIONADO .	25
6.3.5	EXTENDIDA Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL SELECCIONADO.....	26
6.3.6	EXTENDIDA Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL SELECCIONADO.....	26
6.3.7	CONSTRUCCIÓN DE PLACA EN CONCRETO HIDRÁULICO	27
6.3.8	INSTALACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE BORDILLO	32
6.3.9	MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO	33
7.	CRONOGRAMA.....	35
8.	PRODUCTOS E IMPACTOS	37
9.	RECURSOS.....	38

9.1.	Recurso Técnico.....	38
9.2.	Recurso humano.....	38
9.3.	Recurso Económico	38
10.	CONCLUSIONES	39
11.	RECOMENDACIONES.....	41
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	43

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS.....	44
Anexo A Cartilla. Procesos constructivos de pavimentos de concreto hidráulico aplicados en tránsitos vehiculares de bajos volúmenes en la región del alto Magdalena	44

RESUMEN

El propósito de este proyecto es generar una cartilla de procesos de construcción de pavimento de concreto hidráulico para bajos volúmenes de tránsito, cuyo uso puede implementarse en caso tal de que cumpla con las características establecidas de acuerdo a las normas INVIAS.

La cartilla de procesos constructivos de pavimento de concreto hidráulico con bajos volúmenes de tránsito, se genera para ser una herramienta confiable de los profesionales de las construcciones viales de la región del alto magdalena, debido a que permite un equilibrio económico, técnico y ambiental, lo que da la posibilidad que en la región del alto magdalena se puedan proponer soluciones que favorezcan el desarrollo vial.

Por otro lado, este proyecto pretende dar los parámetros para la construcción de una vía en concreto hidráulico, dando a conocer la importancia de verificar y analizar la calidad de cada proceso constructivo, desde el estudio de la calidad de los materiales a utilizar hasta el mantenimiento de un pavimento de concreto hidráulico. Debe tenerse en cuenta que, para el uso óptimo de la cartilla, los proyectos viales tendrán que ajustarse a las características de cada material que se utilizará, junto con las especificaciones de planos de acuerdo al sitio a intervenir dentro de la región del Alto Magdalena.

Esta cartilla, contribuye a que se generen proyectos en la Universidad Piloto de Colombia Seccional Alto Magdalena y de esta manera se pueda dar continuidad a investigaciones acerca del pavimento de concreto hidráulico que aporten al programa académico de ingeniería civil para lograr fortalecimiento en investigaciones relacionadas al pavimento de concreto hidráulico.

ABSTRACT

The purpose of this project is to generate a primer for hydraulic concrete pavement construction processes for low traffic volumes, whose use can be implemented in case it complies with the established characteristics according to INVIAS standards.

The primer for constructive processes of hydraulic concrete pavement with low volumes of traffic is generated to be a reliable tool for road construction professionals in the Upper Magdalena region, because it allows an economic, technical and environmental balance. that gives the possibility that in the region of the high Magdalena can propose solutions that favor the road development.

On the other hand, this project aims to give parameters for the construction of a road in hydraulic concrete, making known the importance of checking and analyzing the quality of each construction process, from the study of the quality of the materials to be used to maintenance of a hydraulic concrete pavement. It must be taken into account that for the optimal use of the booklet, the road projects will have to adjust to the characteristics of each material that will be used, along with the specifications of plans according to the site to intervene within the Upper Magdalena region.

This booklet, contributes to generate projects in the Universidad Piloto de Colombia Sectional Alto Magdalena and thus can give continuity to research on the pavement of hydraulic concrete that contribute to the academic program of civil engineering to achieve strengthening in research related to the pavement of hydraulic concrete.

1. INTRODUCCION

El objetivo principal de este proyecto es dar a conocer la importancia de profundizar acerca de los procesos constructivos del pavimento de concreto hidráulico con bajos volúmenes de tránsito, debido a que se han evidenciado procesos constructivos erróneos de pavimentos rígidos en la región del alto magdalena. Para la ingeniería civil, es de gran valor aprender a dominar los diferentes problemas principalmente patológicos que se presentan en los pavimentos de concreto a través de la verificación y análisis de cada actividad ejecutada durante el proceso constructivo del mismo, para así contribuir con el avance vial de la región del alto magdalena.

Por esta razón, el siguiente proyecto busca orientar y capacitar a los profesionales de la construcción en el tema, ya que la generación de la cartilla de procesos constructivos de pavimento de concreto hidráulico con bajos volúmenes de tránsito es una herramienta confiable que lleva a ampliar ilustrativamente los conocimientos de construcciones viales de la Ingeniería Civil práctica. La cartilla también pretende crear conciencia sobre la importancia que tiene cada proceso constructivo del pavimento rígido, logrando analizar y verificar antes, durante y después de ejecutar un pavimento de concreto hidráulico los materiales para la construcción, la seguridad y herramientas idóneas para el buen desempeño de cada actividad constructiva, además de desarrollar un plan de manejo ambiental para mitigar los daños al medio ambiente.

En Colombia, desde hace unas décadas atrás se han venido realizando diferentes investigaciones para el estudio de los pavimentos de concreto hidráulico, pese a ello en la región del alto magdalena no se cuenta con una herramienta sólida, veraz e ilustrativa sobre cómo se debe realizar cada actividad del proceso constructivo de un pavimento de concreto hidráulico. En consecuencia, a la carencia de una cartilla que enseñe los procesos constructivos de un pavimento rígido, en la región del alto magdalena es característico encontrar lesiones que se

presentan debido a la ejecución errónea de procesos constructivos o materiales de baja calidad utilizados en la estructura del pavimento de concreto

Muchas veces no se tiene claridad sobre el alcance que debe tener la ejecución de un pavimento de concreto hidráulico, debido a que solamente se enfoca hacia el cumplimiento de proyecto vial, sin tener en cuenta que una ejecución acelerada puede traer consecuencias que originan el deterioro prematuro de un pavimento de concreto rígido, lo cual trae reprocesos para el desarrollo vial de la región del alto magdalena.

La cartilla de procesos constructivos de pavimento de concreto hidráulico con bajos volúmenes de tránsito, está basada en el manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del Instituto Nacional de Vías (INVIAS); debido a que expone los principales parámetros para la construcción de un pavimento de concreto hidráulico, explicando las particularidades de los pavimentos de concreto, las variables que influyen en su comportamiento y, por ende, en la verificación de la determinación de los espesores de las capas que lo constituyen, las características que hacen que este pavimento gane o pierda competitividad frente a otras alternativas de pavimentación y una guía para el análisis de las dimensiones de las losas y las propiedades del concreto escogidas por los estudios previos a la construcción de un pavimento rígido.

Por otro lado, es importante reconocer que el país cuenta con ejemplos de pavimentos de concreto que han prestado un servicio con muy buena calidad, durante muchos años. No obstante, en la infraestructura vial de las vías terciarias no solo de la región del alto magdalena sino del país en general, se encuentran muchas irregularidades en la calidad de los materiales teniendo en cuenta que llega a ser uno de los motivos donde se ve afectado el pavimento de

concreto para su construcción, siendo así una de las causas en las cuales se ve reflejado a lo largo del tiempo el deterioro de las vías de concreto.

2. PROBLEMA

2.1. Planteamiento

En lo observado de los procesos constructivos en infraestructura vial, se hicieron evidentes los procesos constructivos erróneos en la región del alto Magdalena; además de la utilización de materiales inadecuados para pavimentos de concreto hidráulicos. Estos factores ponen de manifiesto una variedad de reprocesos en el desarrollo de las vías con bajos volúmenes de tránsito que en su mayoría son rurales.

2.2. Descripción

La falencia de una herramienta segura que sirva como guía para la construcción de pavimentos de concreto hidráulico, hace que se continúen construyendo vías que no cumplen con los estándares de calidad y normatividad exigida INVIAS; con esto se generan patologías que dan pie a deterioros críticos a muy temprana edad del pavimento rígido.

2.3. Formulación

¿Cuáles son los procedimientos constructivos de calidad en la construcción de un pavimento en concreto hidráulico para la región del alto Magdalena?

2.4. Preguntas generadoras

¿Cuál es el proceso constructivo de un pavimento de concreto hidráulico?

¿Cuáles son las variables que influyen en el comportamiento del concreto hidráulico?

¿Cuál es la necesidad de implementar una cartilla con el proceso constructivo de un pavimento en concreto hidráulico?

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Elaborar una cartilla de los procesos constructivos en infraestructura vial, la cual estará basada en pavimentos de concreto hidráulico aplicados en tránsitos vehiculares de bajos volúmenes de tránsito en la región del alto magdalena con base a las normas y especificaciones de calidad de los materiales de INVIAS.

3.2. Objetivos Específicos

- 3.2.1.** Analizar los diseños y procesos constructivos de pavimentos hidráulicos para tránsitos vehiculares de bajos volúmenes, de acuerdo a la normatividad exigida por INVIAS.
- 3.2.2.** Estudiar los factores que influyen en el diseño de pavimentos hidráulicos, tales como, el tránsito y el periodo de diseño, calidad de agregados y materiales, clima, costos de construcción y conservación.
- 3.2.3.** Ilustrar a los profesionales de la construcción por medio de una cartilla los procesos constructivos del pavimento de concreto, con base al manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del Instituto Nacional de Vías.
- 3.2.4.** Contribuir con las investigaciones acerca de los pavimentos de concreto hidráulico al programa académico de ingeniería civil de la Universidad Piloto de Colombia Seccional Alto Magdalena para lograr el fortalecimiento de los estudios relacionados al pavimento rígido.

4. JUSTIFICACIÓN

4.1. Justificación general

El desarrollo del presente proyecto es de gran importancia debido a la falta de una herramienta confiable para que los ingenieros y planificadores del desarrollo de la región del alto magdalena construyan proyectos viales de calidad.

Por otro lado, la cartilla de procesos constructivos de pavimentos de concreto hidráulico contribuye a que se puedan realizar diseños que conlleven a una mejora para las vías con bajos volúmenes de tránsito y posteriormente sea de gran utilidad en los procesos constructivos, ya sean vías urbanas o sean vías terciarias que en su mayoría son las que presentan estos bajos volúmenes de tránsito.

La importancia que tienen los pavimentos de concreto hidráulico en la región del alto magdalena, pone de manifiesto la necesidad de la generación de una cartilla de procesos constructivos que analice desde los materiales de construcción hasta el mantenimiento vial de los mismos. También es esencial tener en cuenta que un instrumento tan sólido y veraz se debe regir por la normatividad del Instituto Nacional de Vías.

La cartilla también aporta a la verificación de las profesiones de la construcción, debido a que muestra los parámetros que se deben tener cuenta, tales como las características específicas, en las que se incluyen variedad de requisitos necesarios para llevar a cabo su óptimo proceso constructivo.

El desarrollo de este proyecto pretender dar un aporte al programa de Ingeniería Civil de la Universidad Piloto de Colombia Seccional Alto Magdalena para que así se pueda dar continuidad a investigaciones acerca del pavimento de concreto hidráulico que contribuyan a fortalecer investigaciones relacionadas al mismo.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. Marco Histórico

La elaboración de la cartilla de los procesos constructivos de pavimento de concreto hidráulico con bajos volúmenes de tránsito, se debe a que en el alto magdalena no se cuenta con una herramienta donde se guie detalladamente el procedimiento constructivo, por ende se ha llegado a la idea de la generación de la misma, con el fin de brindar una guía de apoyo para los ingenieros y profesionales de la construcción que emprendan proyectos viales de pavimentos rígidos en la región del alto Magdalena, dando así a conocer los factores y características necesarias para la elaboración del pavimento de concreto hidráulico enfocado especialmente en bajos volúmenes de tránsito, ya sea para vías secundarias-urbanas o para vías rurales-terciarias. La cartilla se basa en el manual de diseño de pavimentos de concreto de INVIAS.

5.2. Marco Teórico

5.2.1. Consideraciones acerca de la selección de pavimentos

5.2.1.1. 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 materiales, su idoneidad y distancia de acarreo, ahorros en energía, materiales y otros que en determinadas ocasiones 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 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 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:

5.2.1.1.1. Aspectos técnicos

5.2.1.1.1.1. 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 los cuales el concreto se puede construir sobre el suelo sin interposición de una capa de material de soporte.

Los pavimentos de concreto ofrecen una alta resistencia al desgaste, no se ha huellan en ninguna dirección, y cuando las losas tienen menos de 5m de longitud el efecto de la temperatura en los esfuerzos es despreciable. (PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, 1992).

En su contra esta que la presencia de juntas y la alta rigidez hacen que cuando se construyen en materiales erosionables sé del fenómeno de bombeo que ocurre por la acción conjunta del paso los vehículos y del agua, sobretodo, cuando las vías están destinadas a tránsitos medios y altos. El deterioro se puede atenuar y aún n 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 implementado 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 de tránsito. Por el contrario, un aumento en el espesor de diseño, de uno o dos centímetros proporciona una buena protección con relación a eventualidades 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 se necesita sobre capas rutinarias, para mantener un adecuado nivel de servicio.

5.2.1.1.1.2. *Calidad de los agregados*

En los pavimentos de concreto se pueden presentar una gama muy alta 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) (COLOMBIA, 2007).

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 puede 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 alcanzan los niveles de resistencia establecidos en el diseño.

5.2.1.1.1.3. *Subrasante clima*

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

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

Cuando el pavimento está destinado a zonas en la 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 los límites razonables, los movimientos de las juntas son de poca monta.

5.1.1.1.2. Aspectos económicos

5.1.1.1.2.1. 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 los 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 esta 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 hasta los 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, deriva de lo anterior, está en que son escasos los cierres para acometer las reparaciones, lo cual mantiene constante los costos de operación y permite tener certeza en la disponibilidad del servicio.

5.1.1.1.3. 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 captación. Estas características permiten la rápida constitución de empresas de construcción en prácticamente cualquier lugar.

Un factor a tener en cuenta es la finalización de las obras, cuando se consiguen recursos para la construcción, pero no para el 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 su escala de desempeño, respecto de los pavimentos de cobertura asfáltica.

5.1.2. 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 soportante del suelo, el tránsito que circula sobre la estructura durante todo su periodo de diseño, las condiciones climáticas y los materiales con que se construirá.

Se presenta de manera sucinta a 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

5.1.2.1. El tránsito y el periodo de diseño

Las categorías de tránsito de que se tuvieron en cuenta para los diseños de los pavimentos se indican en la Tabla 3-1, la cual se obtuvo a partir de los espectros de carga obtenidos con la distribución de pesos para los diferentes tipos de eje por cada 1000 camiones, en diferentes estaciones de peaje en el país (GARCIA ALADIN, 2002), afectados por los respectivos factores de equivalencia establecidos por la ASSHTO.

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

El “TPDs” es el promedio diario, obtenido de un conteo de la semana, de los vehículos que pasan por una sección de la vía (LONDOÑO NARANJO C. A., 1988).

Por último, los ejes acumulados de 8,2 ton, son los ejes equivalentes que han de pasar por el carril de diseño durante el periodo de diseño, el detalle de la forma como se obtuvieron los valores indicados en la tabla.

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T ₀	(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

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

5.1.2.2. *La Subrasante*

Para el diseño del pavimento se tendrán cinco clases de suelo tal y como se indica en la tabla 3-2, en la cual, la clasificación se hace con base en la Relación de Soporte de California del suelo -CBR- evaluada según la norma INV E 148-07, estos valores se correlacionan con el Modulo de Reacción de la Subrasante –k- que es el parámetro usado en las ecuaciones de diseño (LONDOÑO NARANJO C. A., 2001).

Para subrasantes con CBR menores que 2, en la mayoría de los casos y cuando el diseñador lo considere conveniente, se requieren tratamientos especiales, como la sustitución de los materiales inadecuados (remoción parcial o total del material inaceptable o la modificación de sus características con base en mejoramientos mecánicos o con la adición de productos como la cal, el cemento u otros que doten a la subrasante de mejores características mecánicas. (Artículo INV-230-07).

5.1.2.3. *Material de soporte para el pavimento*

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 150mm 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.

5.1.2.4. *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 al 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).

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.

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

Tabla 3-3. Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto.

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

Tabla 3-4. Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura).

5.1.2.5. Juntas

Las juntas son parte importante de los pavimentos rígidos y se realizan con el fin de controlar los esfuerzos que se presentan en el concreto como consecuencia de los movimientos de contracción y de dilatación de material y a los cambios de temperatura y humedad, entre la cara superficial y la de soporte de las losas de concreto (PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, 1992) y (PORTLAN CEMENT ASSOCIATION, 1992).

En principio las losas tendrán el ancho de 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 las losas cuadradas tienen un mejor comportamiento estructural.

5.1.2.6. *Transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral*

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

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

5.1.2.7. *Resumen de variables considerables en el diseño*

En resumen, las variables con las que se realizaron los diferentes diseños se indican en la tabla 3-6. En la abreviatura EALS se refiere a la abreviatura de Equivalent Axels Load System o el número de cargas ejercidas por ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el periodo de diseño.

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

Tabla 3-5. Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral

Variables y su representación				
Suelos	Tránsito	Transferencia y confinamiento	Soporte	Concreto
S1 (CBR<2)	T0 (EALS <1x10 ⁶)	D y B (Dovelas y Bermas)	SN (Subrasante)	MR1 =38 MPa
S2 (2<CBR<5)	T1 (1x10 ⁶ <EALS <1,5x10 ⁶)	D y No B (Dovelas y No Bermas)	BG (15 cm BG)	MR2 =40 MPa
S3 (5<CBR<10)	T2 (1,5x10 ⁶ <EALS <5x10 ⁶)	No D y B (No Dovelas y Bermas)	BEC (15 cm BEC)	MR3 =42 MPa
S4 (10<CBR<20)	T3 (5x10 ⁶ <EALS <9x10 ⁶)	No D y No B (No Dovelas y No Bermas)		MR4 =45 Mpa
S5 (CBR>20)	T4 (9x10 ⁶ <EALS <17x10 ⁶)			
	T5 (17x10 ⁶ <EALS <25x10 ⁶)			
	T6 (25x10 ⁶ <EALS <100x10 ⁶)			

Tabla 3-6. Variables consideradas en los análisis de diseño del pavimento

En donde:	
SI: "Clase de suelo con i variando desde 1 hasta 5"	BG: "Base granular"
TI: "Clase de tránsito con i variando desde 0 hasta 6"	BEC: "Base estabilizada con cemento"
D: "Dovelas"	CBR: "Relación de soporte de California"
B: "Bermas"	EALS: Ejes equivalentes definidos con el procedimiento "Equivalent Axels Load System"
SN: "Suelo natural o subrasante"	

5.2. Marco Legal

- ✓ Artículo INV 230-07. Mejoramiento de la subrasante.

Este trabajo consiste en la designación de material de la subrasante existente, el retiro o la adición de materiales, la mezcla, humedecimiento o aireación, compactación y perfilado final, de acuerdo con la presente especificación, y con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto y las instrucciones del interventor.

- ✓ Artículo INV 330-07. Base granular.

Consiste en el suministro, transporte, colocación humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material en base granular aprobado sobre una

superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el interventor.

- ✓ Artículo INV 341-07. Base estabilizada con cemento.

Consisten en la construcción de una capa de base constituida, construida por material adicionado totalmente o resultante de la escarificación de la capa superficial o existente, o una mezcla de ambos, estabilizándolos con cemento portland, de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto o por el interventor.

- ✓ Norma INVIAS INV E 123-07. Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de partículas del suelo.

Esto describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 μm (N° 200).

- ✓ Norma INVIAS INV E 124-07. Análisis granulométrico por medio del hidrómetro.

Este se basa en la ley de Stokes, la cual relaciona la velocidad de una esfera, cayendo libremente a través de un fluido, con el diámetro de la esfera.

Se asume que la ley de Stokes puede ser aplicada a una masa de suelo dispersado, con partículas de varias formas y tamaños.

- ✓ Norma INVIAS INV E 148-07. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR DE LABORATORIO).

Describe el procedimiento de ensayo que permite la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de california, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).

- ✓ Norma INVIAS INV E 414-07. Resistencia a la flexión del concreto de la viga simple cargada en los tercios de la luz.

Tiene por objeto establecer el procedimiento que se debe seguir para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto, por medio del uso de una viga simple cargada en los tercios de la luz.

El valor del módulo de rotura indicado en MPa ($Lb/Pulg^2$) se considerara como el normalizado.

Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.

Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso, si los hay.

5.3. Marco Conceptual

Se realiza sobre el análisis de información bibliográfica y digital que se investigó a lo largo del proceso de elaboración de este documento.

Tiene como base conocimiento teóricos y prácticos que, a lo largo de la formación académica en la carrera profesional de Ingeniería, tanto como en el seminario de investigación aplicada, se

fueron generando y así mismo aprendiendo de estos se pudo llegar a la elaboración de esta cartilla de los procesos constructivos.

Como guía se tomaron documentos normativos que fueron elaborados por entidades del gobierno colombiano, como lo son las cartillas del Instituto Nacional de Vías, especificaciones generales de construcción de carreteras, normas de ensayo de los materiales para carretera, especificaciones técnicas de los materiales, manual geométrico de carreteras.

5.4. Marco Contextual

La provincia del alto Magdalena es una región del departamento de Cundinamarca, Colombia, que está integrada por ocho municipios.

Estos municipios son:

Girardot que es la capital de la provincia	Nilo
Agua de Dios	Tocaima
Guataqui	Ricaurte.
Jerusalén	
Nariño	

Estos son los sitios donde se pretende emplear la guía de los procesos constructivos, teniendo en cuenta que esta guía es para vías con bajos volúmenes de tránsito. Con la implementación de la guía se busca que para estos municipios se puedan establecer estos procesos, siendo así una ayuda donde se brinde un conocimiento que facilite con los procesos constructivos y en un futuro se busca que se ejecuten en las zonas.

6. DISEÑO METODOLOGICO

6.1 Población

La presente cartilla se realizó en la universidad Piloto de Colombia seccional de Girardot. Durante el proceso de la elaboración de la cartilla de procesos constructivos de pavimentos se analizaron algunos pavimentos de concreto hidráulico de la región del alto magdalena con el fin de establecer los procesos más adecuados que cumplan con la normatividad INVIAS. En el estudio intervienen los municipios de Ricaurte y Girardot.

6.2 Tipo de estudio

Se realizó un análisis descriptivo en el cual se generó una cartilla que sirve como guía para la construcción de pavimentos de concreto hidráulico. Para la elaboración de la cartilla se tuvo en cuenta los parámetros de INVIAS y del proyecto tipo que se encuentra en el libro, Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito del DNP.

6.2.1 Información primaria.

Información recolectada mediante las visitas a pavimentos de concreto ya construidos en los municipios de Ricaurte y Girardot, y de cartillas de INVIAS.

6.3 Descripción de diseño metodológico

La cartilla de procesos constructivos de pavimentos, se generó a partir del análisis de información recolectada de las cartillas del Instituto Nacional de Vías y del DNP. A continuación, se describe el análisis de la información para la elaboración de la cartilla:

Procesos constructivos de un pavimento de concreto hidráulico:

Es el conjunto de fases, sucesivas o traslapadas en el tiempo, necesarias para materializar un proyecto de infraestructura, en este caso la construcción de una vía con pavimento de

concreto hidráulico en vías de bajo tránsito vehicular. El constructor deberá mantener en los sitios de las obras los equipos adecuados a las características y magnitud de las mismas y en la cantidad requerida, de manera que se garantice su ejecución de acuerdo con los planos, especificaciones, programas de trabajo y dentro de los plazos previstos.

Antes de iniciar el proceso constructivo de un pavimento de concreto hidráulico se deben estudiar y verificar los estudios previos que realizan los entes encargados (ingenieros, topógrafos...etc.) porque es de gran importancia aprobarlos para la correcta ejecución de la vía.

A continuación, se relacionan los estudios:

Estudio topográfico de la vía a intervenir.

Estudio de tránsito.

Estudio de Suelos

Ensayo de CBR (Norma INV-E 148-13)

Ensayo de Placa (INVE 168-13)

Diagnóstico de las redes de servicios públicos

Estudio hidrológico e hidráulico para diseño de drenajes

6.3.1 LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO.

Para el caso de obras de pavimentos, se refiere a la localización planimetría y altimétrica, con sus respectivas referencias y puntos de control topográficos, de toda la zona que será intervenida con el proyecto de pavimentación, que servirá de soporte para la ejecución de las obras.

6.3.2 CERRAMIENTO Y SEÑALIZACIÓN

Corresponde a la actividad para aislar el lugar de los trabajos de las zonas aledañas, mediante cerramientos provisionales, el cual se sugiere se realice con una altura mínima de 2,1m.

Se proveerán accesos para el tránsito de vehículos y peatones, provistos de los elementos que garanticen el aislamiento y seguridad durante las obras. En caso de bloquear accesos a predios o garajes se deberá considerar los espacios para accesos temporales o a través de concertación con la comunidad determinar sitios de estacionamientos temporales.

6.3.3 DEMOLICIÓN Y REMOCIÓN

En caso de ser requerido, este trabajo consiste en la demolición total o parcial de estructuras o edificaciones existentes en las zonas que indiquen los documentos del proyecto, y la remoción, cargue, transporte, descargue y disposición final de los materiales provenientes de la demolición.

Así mismo, esta actividad también incluye el retiro, cambio, restauración o protección de las instalaciones de los servicios públicos y privados que se vean afectados por las obras del proyecto, así como el manejo, desmontaje, traslado y el almacenamiento de estructuras existentes; la remoción de cercas de alambre, de especies vegetales y otros obstáculos.

6.3.3 EXCAVACIÓN Y RETIRO

Se refiere a la nivelación y remoción de materiales varios que son necesarios para la construcción de las obras de construcción del pavimento y que son realizadas de acuerdo con lo indicado en los planos constructivos.

Se escarificarán en el espesor y hasta la cota determinada en el diseño y se retirarán, transportarán, depositarán y conformarán en los sitios destinados para disposición de sobrantes o desechos.

Normalmente, el equipo requerido para la conformación de la calzada incluye elementos para la explotación de materiales, equipos para el cargue, transporte, extensión, mezcla, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

Se debe tener especial cuidado con las redes de acueducto, alcantarillado, energía, gas, entre otras.

6.3.4 CONFORMACIÓN DE LA CALZADA CON MATERIAL SELECCIONADO

Es necesario verificar la calidad de los materiales que van a servir como fundación de las obras a proyectar. Específicamente se debe determinar el CBR y el módulo de reacción del material o capa que va a funcionar como subrasante para usar como determinación de la calidad de la misma.

Para subrasantes con CBR menores que 2, siempre y cuando el diseñador lo considere conveniente, se requieren tratamientos especiales como la sustitución de los materiales inadecuados (remoción parcial o total del material inaceptable) o la modificación de sus características con base en mejoramientos mecánicos que doten a la subrasante de mejores características mecánicas. (Artículo INV-230-13).

La capa que vaya a ser considerada como subrasante deberá ser objeto de una conformación previa para uniformizar la superficie que recibirá la capa de relleno granular. Esta conformación se logra con un procedimiento de escarificado, extensión, conformación y compactación simple. En caso de encontrar espacios de pérdida de espesor, se podrá utilizar

material de la misma conformación o si no se cuenta con él se podrá utilizar un relleno de características similares para obtener el faltante.

6.3.5 EXTENDIDA Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL SELECCIONADO

Se refiere a la selección, transporte, disposición, conformación y compactación mecánica, de los Materiales establecidos en el diseño como base granular para la realización del relleno, de acuerdo a los planos de topografía y al diseño del pavimento.

Los agregados para la construcción del relleno deberán satisfacer los requisitos de calidad indicadas para bases granulares en las normas del Instituto Nacional de Vías mediante sus especificaciones técnicas establecidas en el Artículo INV 330-13.

El material de relleno no se descargará hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a apoyar tenga las cotas indicadas en los planos.

6.3.6 EXTENDIDA Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL SELECCIONADO

La extensión, mezcla y conformación del material y se dispondrá en un cordón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material.

Una vez que el material tenga la humedad apropiada y esté conformado debidamente, se compactará con el equipo aprobado hasta lograr la densidad especificada. Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en

forma tal que las densidades que se alcancen, no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

6.3.7 CONSTRUCCIÓN DE PLACA EN CONCRETO HIDRÁULICO

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y vibrado de una mezcla de concreto hidráulico como estructura de un pavimento; la ejecución de juntas, el acabado, el curado y demás actividades necesarias para la correcta construcción del pavimento, de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto.

Una vez nivelada, compactada y curada la base granular se procede a ubicar las formaletas en tramos de varias placas en forma lineal nivelándolas con la estación topográfica.

Luego se instalan las parrillas con las dovelas de transferencia de carga en las juntas transversales.

Se tendrán los siguientes cuidados durante la instalación de las dovelas:

Se revisará que todas las canastillas posean las dimensiones indicadas en los planos. Así mismo, se verificará la separación de las dovelas.

El engrasado de las dovelas se realiza antes de empezar la jornada.

Revisar la existencia del equipo y materiales de fijación de las canastillas.

Marcar el lugar de colocación de dovelas, para después realizar el corte.

La instalación de las dovelas se hará de tal forma que pueda garantizarse el fijado para que la posibilidad de que se muevan durante el proceso de pavimentación sea mínima o nula.

Posteriormente se procede a mezclar concreto según diseño de mezcla, se humedece la base para evitar pérdida de humedad de la mezcla y se deposita la mezcla de concreto (teniendo

en cuenta el diseño de mezcla), distribuyéndolo en toda el área de cada placa uniformemente, se inyecta el vibrador neumático y se pasa la regla vibratoria para liberar las burbujas de aire y dar nivelación inicial a mezcla con las formaletas, luego se alisa la superficie del concreto con la llana metálica.

RECOMENDACIÓN

No es conveniente detener el proceso de pavimentación por más de media hora, ya que puede implicar la realización de una junta en frío, las cuales deben ser evitadas. Si esto llegara a pasar debe realizarse una junta de construcción en la última junta transversal o en la que se alcanzó a construir, para esto se dejan las mitades de las dovelas expuestas y se formaleta el extremo perpendicular al eje longitudinal de la losa.

Durante la descarga del concreto en el sitio de colocación se tomarán en cuenta los siguientes cuidados:

Se verificará la limpieza y humedecimiento periódico de la superficie de colocación.

Se mantendrá una permanente inspección a fin de prever segregaciones en el concreto que puedan causarse por el transporte y la descarga del mismo.

Se ejecutarán los ensayos de control respectivos a cada bachada colocada y se muestreará el concreto según la frecuencia indicada en el plan de control de calidad.

En medida de lo posible las descargas de concreto se realizarán de forma de que la bachada no caiga directamente sobre las canastas de dovelas.

Ejecución de juntas de construcción por interrupción y al finalizar la jornada.

Los ensayos que se deben tomar en cuenta para la verificación de la calidad de la mezcla son los siguientes:

Verificación de la temperatura de cada descarga.

Medición del revenimiento de cada descarga.

Moldeo de cilindros de concreto para determinar la resistencia a la compresión a los 28 días.

Moldeo de vigas de concreto para determinar la resistencia a la flexo tracción del concreto a los 28 días.

Se procede a realizar el micro-texturizado con el cepillo cuando se pierda el brillo de las placas lo que indica el punto de dureza ideal para el cepillado, y se aplica el anti sol para el curado de las placas, luego se deben cortar las placas en las juntas transversales a 1/3 del espesor de la placa seis u ocho horas después de fundida cada placa. Se procede a tomar muestras de concreto con vigas para el control de calidad del mismo y luego se deben quitar las formaletas 12 horas después, y aplicar el sello de juntas y dar en servicio a los 28 días del curado.

El concreto hidráulico que se utilice para el pavimento rígido deberá cumplir con lo establecido en el artículo 500, “Pavimento de Concreto Hidráulico”, de las Especificaciones del INVIAS, particularmente en lo que se refiere a cemento, agua, agregado fino, agregado grueso, reactividad, aditivos y acero.

CURADO DEL CONCRETO

Como medida para reducir la evaporación de agua y minimizar así los agrietamientos por contracción, se utilizará un producto adecuado para tal fin aplicado con bomba aspersora. Tal

como se indica en el presente documento la temperatura máxima de colocación del concreto será de 32 °C.

Los cuidados para la aplicación de curador serán los siguientes:

Se utilizará un curador químico de color blanco, el cual previamente a su utilización será mezclado correctamente.

Se revisará el buen funcionamiento de los aspersores.

La aplicación del curado se realizará uniformemente antes que el concreto haya presentado su punto de fraguado inicial.

Los tiempos de aplicación del curador serán lo menor posible, asegurando que el curado esté aplicado en toda el área tratada, teniendo cuidado que los bordes también estén adecuadamente cubierto con curador.

No se aplicará agua para realizar el acabado de la superficie.

CORTE DE LAS JUNTAS TRANSVERSALES

El aserrado de las juntas se iniciará en el momento que el concreto pueda soportar el peso de la máquina y del operador de la misma sin que queden marcas en la superficie de la losa, se inicia con el aserrado transversal y posteriormente se realiza el aserrado longitudinal, se hará según el detalle en planos para el proyecto. El aserrado se debe realizar antes de que se presenten agrietamientos descontrolados.

Si durante el proceso de aserrado o antes de iniciarlo se presenta agrietamiento errático, se debe detener el trabajo para realizar las reparaciones pertinentes aprobadas por el ingeniero.

La profundidad de los cortes será la especificada en los planos del proyecto al igual que el ancho, hechos en un solo corte, luego de esta actividad y antes del sellado se deberá limpiar la junta por medio de soplado con aire a presión.

CORTE DE LAS JUNTAS TRANSVERSALES

Los cuidados para el corte de juntas serán los siguientes:

El corte se ejecutará de preferencia en concreto con superficie endurecida, a fin de evitar despostillamiento de juntas y se realizará hasta la profundidad indicada en planos.

Se limpiará el polvo y cualquier otro material que quede contenido en la junta, antes de la colocación del material de respaldo.

Protección de las juntas sin sellar.

Si el corte se hace en verde, debe ser realizado de 1 a 3 horas después de colocado el concreto.

SELLADO DE JUNTAS

Una vez realizado el aserrado se limpiará de desechos en toda su longitud y profundidad, para esta tarea se utiliza aire a presión mediante compresor neumático, el cual debe contar con trampa de agua y se limpiará tanto el espacio de grieta como el área adyacente a la misma, en un ancho de al menos 20 cm para que la superficie se encuentre libre de polvo u otro material.

Dentro del cajón se instalará un respaldo de poliuretano el cual quedará perfectamente ajustado a lo largo de toda la junta y a la profundidad establecida en planos, el material debe ser resistente a altas temperaturas (200 ° C).

Posteriormente se aplicará el material de sellado aplicado en caliente a la temperatura recomendada por el fabricante y se aplicará cuando la temperatura ambiente esté entre los 10 y

los 30 °C, se utilizará un equipo que permita el fácil control y verificación de la temperatura y presión de aplicación.

Los cuidados para el sellado de juntas serán los siguientes:

Utilizar un equipo que permita el fácil control de la temperatura del material para sellado.

Deben eliminarse todos los desechos dentro de la junta.

Se ejecutará el sellado de juntas antes de la apertura al tráfico y de acuerdo con planos.

El material sellador de juntas se colocará por debajo de la superficie.

Se procurará colocar el material para sellado cuando la temperatura ambiente esté entre 10 y 30°C.

6.3.8 INSTALACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE BORDILLO

Consiste en la construcción de bordillos de concreto con piezas prefabricadas o vaciados in situ, en los sitios y con las dimensiones, alineamientos y cotas indicada en los planos.

Si el bordillo es construido en sitio, la elaboración del concreto hidráulico se debe realizar conforme lo especificado en el Artículo 630 “Concreto Estructural” de las especificaciones técnicas del INVIAS. Adicionalmente, se sugiere que el Concreto tenga una resistencia mínima de 21 MPa a 28 días.

Para su construcción se utilizará formaletas de madera cepillada o metálica en forma lineal nivelándolas con la estación topográfica. Antes de preparar las formaletas se preparará el terreno el cual debe estar perfectamente liso y nivelado para evitar deformaciones y obtener un acabado óptimo.

Se instala la armadura en acero de $\frac{1}{2}$ " longitudinalmente y transversalmente flejes de $\frac{1}{4}$ " cada 25 cm, luego se procede a mezclar concreto según diseño de mezcla, se humedece la base para evitar pérdida de humedad de la mezcla y se deposita la mezcla de concreto distribuyéndolo en toda la longitud uniformemente y se pasa el vibrador con que se vibra el concreto para liberar las burbujas de aire y dar nivelación inicial a mezcla con las formaletas.

Por otra parte, si los bordillos son piezas prefabricadas deberán cumplir con la norma NTC 4109 "Prefabricados de concreto. Bordillos, cunetas, tope llantas"

6.3.9 MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

El mantenimiento garantizará que los objetivos e impactos de un proyecto perduren en el tiempo después de la fecha de terminación de la obra.

Mantenimiento Preventivo o rutinario:

Este mantenimiento comprende obras programadas con intervalos variables de tiempo, destinadas a mantener las condiciones y especificaciones del nivel de servicio original de la vía. Puede incluir: limpieza de obras de drenaje, sellos de juntas, reparación de menor escala como tratamientos superficiales para desprendimientos, etc.

Mantenimiento Periódico:

Corresponde todas las actividades necesarias para solucionar los problemas de fallas superficiales y en algunas ocasiones aumentar la vida útil de los elementos del pavimento. Puede incluir sello de fisuras en elementos de placa de concreto hidráulico.

Mantenimiento Correctivo (Atención de Emergencias):

Para atender las emergencias y conservar las obras construidas, se hace necesaria la ejecución de trabajos tendientes a superar situaciones que no permitan el uso del tramo de vía rehabilitado en condiciones de seguridad física para el tránsito, en el menor tiempo posible y llevar a cabo las actividades que sean del caso para evitar o minimizar las restricciones al uso de la vía.

7. CRONOGRAMA

Este cronograma es para realizar el seguimiento de las actividades y tareas que se van a ejecutar, para esto es importante conocer el tiempo que llevara a cabo la investigación de información para la realización de la cartilla a entregar.

Esta investigación tiene una duración de 3 meses calendario, las cuales se realizarán las actividades correspondientes para dar el cumplimiento al propósito del proyecto.

Se ejecutarán las siguientes actividades.

- ✓ Estudio y análisis del manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos volúmenes de tránsito de INVIAS.
- ✓ Visita de inspección a vías con pavimentos de concreto hidráulico de los municipios de Ricaurte y Girardot (Región del alto Magdalena).
- ✓ Análisis del tránsito y el periodo de diseño, de acuerdo al manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos volúmenes de tránsito de INVIAS.
- ✓ Establecer el análisis de los procesos constructivos en infraestructura vial en la región del alto Magdalena.
- ✓ Generación de cartilla de diseño de pavimentos de concreto hidráulico aplicado en tránsitos de bajos volúmenes en la región del alto Magdalena, de acuerdo al análisis previo

8. PRODUCTOS E IMPACTOS

Se va hacer entrega de un trabajo a manera de monografía, acompañado de una cartilla de procesos constructivos de pavimentos de concreto hidráulico aplicados en la infraestructura vial de tránsitos vehiculares de bajos volúmenes en la región del alto Magdalena.

9. RECURSOS

Para esto es necesario el uso de algunos recursos ya sea técnicos, económicos o humanos para llevar a cabo la investigación y estos van a ser de gran importancia para cumplir con los objetivos, para esto en cada actividad se utilizarán de acuerdo a su requerimiento por sus ejecutores.

9.1. Recurso Técnico

Se necesitarán ciertos recursos técnicos, los cuales hacen referencia profesional, entidades administrativas que brinden información necesaria.

Los docentes encargados son los que nos guiaran el proceso de la ejecución del proyecto con un énfasis en el área a la cual se va a ejecutar. También se podría decir que algunos recursos técnicos podrían ser las actividades que incluyamos en redacción y consulta, necesitaremos Laboratorios para tener la guía de la realización de los ensayos que se pueden ejecutar de acuerdo a las necesidades del proyecto, Computadora para la redacción del proyecto y la cartilla a entregar.

9.2. Recurso humano

La redacción del proyecto y el entregable que es una cartilla con el proceso constructivo, la recolección de los datos que se tendrán en cuenta para la ejecución del proyecto.

9.3. Recurso Económico

Estos estarán sujetos a la realización actividades que se puedan ejecutar en la investigación. También comprenden los entregables y se pueden definir como los siguientes:

- ✓ Gastos de papelería (incluye impresiones y demás)
- ✓ Ensayos de Laboratorio necesarios
- ✓ Recurso humano

10. CONCLUSIONES

Se describirán las observaciones que se consideren más significativas.

El objetivo principal de esta monografía es contribuir con un documento ilustrativo a manera de cartilla, que se hace a raíz del seminario de investigación aplicada en infraestructura vial con bajos volúmenes de tránsito, que se orienta en el programa de Ingeniería en la especialidad de Ingeniería Civil en la Universidad Piloto de Colombia. Se espera que este enfoque permita facilitar el proceso constructivo del pavimento en concreto hidráulico mediante la cartilla ilustrativa.

En la monografía se han hecho énfasis en los aspectos fundamentales del pavimento en concreto hidráulico.

A lo largo de este trabajo, se pudieron identificar los procedimientos constructivos que se deben ejecutar en el momento de hacer la construcción de un pavimento en concreto hidráulico.

La primera observación es en el momento de dar inicio con la construcción del pavimento rígido, se debe tener en cuenta que se verifiquen y analicen los cálculos previos del diseño de pavimento de concreto hidráulico para así tener seguridad del cumplimiento de la normatividad INVIAS en la ejecución de cada proceso constructivo.

Gracias a la calidad de información que nos ofrece la norma INVIAS se pudo tomar como referencia en los requisitos necesarios que nos exigen en el momento de realizar el proceso constructivo de un pavimento hidráulico.

La verificación de la calidad de los materiales de construcción, es de mucha importancia ya que éstos se pueden deteriorar a través del tiempo o tener fallas durante el proceso de construcción y posteriormente producir patologías en el pavimento de construcción.

Otro aspecto fundamental en la ejecución de cada actividad que compone los procesos constructivos del pavimento de concreto hidráulico conlleva a que el pavimento tenga la durabilidad esperada del diseño, además que no se presenten patologías a lo largo de su vida útil.

Es importante realizar el mantenimiento del pavimento de concreto hidráulico periódicamente, debido a que garantizará que los objetivos e impactos de un proyecto perduren en el tiempo después de la fecha de terminación de la obra.

Con esto llegamos a la conclusión de que esta cartilla es el producto del trabajo realizado, ya que va ser una guía para los profesionales de la construcción antes, durante y después del proceso constructivo de pavimentos de concreto hidráulico. Por otro lado, aporta al programa académico de Ingeniería civil de la Universidad Piloto de Colombia seccional alto Magdalena debido a que contribuye a que se generen investigaciones con referencia a la infraestructura vial.

11. RECOMENDACIONES

Como recomendación para una obra de infraestructura vial que se encuentre en desarrollo, se tienen que seguir ciertos estándares de calidad y para ello se debe cumplir con las especificaciones de los procesos constructivos descritos en este documento que se basó en la normatividad del Instituto Nacional de Vías.

Para los profesionales de la construcción es de gran importancia conocer los conceptos de cada proceso constructivos, teniendo en cuenta que estos son es el conjunto de fases, sucesivas o traslapadas en el tiempo, necesarias para materializar un proyecto de infraestructura, en este caso la construcción de una vía con pavimento de concreto hidráulico en vías de bajo tránsito vehicular.

El constructor deberá mantener en los sitios de las obras los equipos adecuados a las características y magnitud de las mismas y en la cantidad requerida, de manera que se garantice su ejecución de acuerdo con los planos, especificaciones, programas de trabajo y dentro de los plazos previstos.

Antes de iniciar el proceso constructivo de un pavimento de concreto hidráulico se deben estudiar y verificar los estudios previos que realizan los entes encargados (ingenieros, topógrafos...etc.) porque es de gran importancia aprobarlos para la correcta ejecución de la vía. A continuación, se relacionan los estudios:

Estudio topográfico de la vía a intervenir.

Estudio de tránsito.

Estudio de Suelos

Ensayo de CBR (Norma INV-E 148-13)

Ensayo de Placa (INVE 168-13)

Diagnóstico de las redes de servicios públicos

Estudio hidrológico e hidráulico para diseño de drenajes

Otra recomendación es el mantenimiento del pavimento de concreto hidráulico, periódicamente debido a que garantizará que los objetivos e impactos de un proyecto perduren en el tiempo después de la fecha de terminación de la obra.

Para finalizar, se invita a todos los actores de la construcción vial a utilizar la guía ambiental del Instituto Nacional de Vías, a enriquecerla para continuar creciendo en el compromiso ambiental y a mejorar la calidad de los proyectos; fomentando prácticas constructivas que lleven a un desarrollo que necesita el país, bajo entornos de respeto, responsabilidad y buenos resultados, lo cual permitirá avanzar hacia la sostenibilidad constructiva de los pavimentos de concreto hidráulico.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

COLOMBIA, M. D. (2007). *Especificaciones generales de construccion de carreteras*. Bogota:

INVIAS.

GARCIA ALADIN, M. F. (2002). *Catalogo de diseño de pavimentos rigidos de la PCA*

adaptado a las condiciones de transito colombianas. Popayan: UNICAUCA.

LONDOÑO NARANJO, C. A. (1988). *Transito terrestre*. Medellin: ICPC.

LONDOÑO NARANJO, C. A. (2001). *Diseño, construccion y mantenimiento de pavimentos de*

concreto. Medellin: INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE

CEMENTO.

PORTLAN CEMENT ASSOCIATION. (1992). *Joint desing fot concrete pavements*. Skokie:

PCA.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. (1992). *Desing an construction of joints for concrete*

steets . skookie: PCA.

DNP. (2017). *Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito*. Bogota D.C.

INVIAS. (s.f.). *Manual de Diseño de pavimentos de concreto para vias con bajos, medios y altos volúmenes de transito*. Bogota D.C: INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES

DE CEMENTO.

Manual para la construcción de losas de concreto para pavimento rígido. (2013).

ANEXOS

Anexo A Cartilla. Procesos constructivos de pavimentos de concreto hidráulico aplicados en tránsitos vehiculares de bajos volúmenes en la región del alto Magdalena