

UNIVERSIDAD MILITAR

NUEVA GRANADA



**SEGUIMIENTO AL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SUPER WHITETOPPING EN LA VÍA CALLE
81 ENTRE CARRERA 7 A 11 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.**

ELKIN ALEXANDER MENESES GÚZMAN

LUIS CARLOS CASTRO LOZANO

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS
BOGOTÁ
2012**

UNIVERSIDAD MILITAR

NUEVA GRANADA



**SEGUIMIENTO AL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SUPER WHITETOPPING EN LA VÍA CALLE
81 ENTRE CARRERA 7 A 11 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.**

**ELKIN ALEXANDER MENESES GÚZMAN
LUIS CARLOS CASTRO LOZANO**

**MONOGRAFÍA PRESENTADA COMO REQUISITO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS**

**ASESOR
Ing. CARLOS ECHEVERRY Ms. C.**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS
BOGOTÁ
2012**

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, ____ de Noviembre de 2012

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

Rector
MAYOR GENERAL (R)
EDUARDO ANTONIO HERRERA BERBEL

Vicerrector General
BG (R) ALBERTO BRAVO SILVA

Vicerrectora Académica
DRA. MARTHA LUCIA BAHAMÓN

Decano Facultad de Ingeniería
ING. ERNESTO VILLAREAL SILVA Ph D

Coordinador Especialización
ING. DIEGO CORREAL MEDINA Ms. C.

ADVERTENCIA

La Universidad Militar “Nueva Granada” no se hace responsable de las opiniones y conceptos expresados por los autores en sus respectivos trabajos de grado; solo vela porque no se publique nada contrario al dogma ni a la moral católica y porque el trabajo no contenga ataques personales y únicamente se vea en él el anhelo de buscar la verdad científica.

AGRADECIMIENTOS

Todos los días es un nuevo aprendizaje que requiere esfuerzo y dedicación este trabajo de grado requisito para la obtención del título de especialistas en Ingeniería de Pavimentos, si bien ha requerido mucha dedicación por parte de los autores y su director de trabajo de grado, no hubiese sido posible su terminación sin la colaboración y esfuerzo de todas y cada una de las personas que a continuación mencionaremos.

- *Ante todo le doy gracias a DIOS por darme la oportunidad de compartir con personas espectaculares mi logro.*
- *A mi Esposita que sin la ayuda de ella no podría seguir adelante en mi proyecto de vida.*
- *A mi querido PAPA que donde este siempre estará conmigo y será siempre muy feliz por mis logros.*
- *A mi querida familia por estar siempre a mi lado sin condiciones*
- *A mis tutores de la academia fueron muy importantes para mí crecimiento profesional.*
- *Gracias al ingeniero Carlos por darme sus pautas para lograr el objetivo que queríamos para este trabajo.*
- *Para mis compañeros que compartieron aulas.*
- *Y para toda la gente que me conoce muchas gracias por estar siempre y sin condiciones.*

ELKIN ALEXANDER MENESES GUZMAN

- *Doy gracias al dueño de la vida por las inmensas bendiciones que nos da y por llevarme de la mano durante el camino de la educación.*
- *A mi amada madre por su incondicional amor a sus hijos y su vigorosidad en el recorrido de las brechas de la vida.*
- *A ti hija hermosa, que aún siendo tan pequeña me ayudas sin yo saberlo.*
- *A ti amor de la vida, Carolina, que caminas junto a mi dándole luz a mis ilusiones, metas y proyectos.*
- *Mis hermanos y familia que son engranaje de los logros de cada uno.*
- *A mi mamita Lola que descansa en la paz y gloria del señor y que brindó a mi vida ese amor que empalaga los sentidos.*

LUIS CARLOS CASTRO LOZANO

*El hombre encuentra a Dios detrás de cada puerta que la ciencia logra abrir
Albert Einstein*

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	16
1. Planteamiento del problema.....	16
2. Objetivos.....	16
2.1 Objetivo general.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3. Justificación y delimitación del problema.....	17
3.1 Justificación.....	17
3.2 Delimitación.....	17
4. Marco teórico.....	17
4.1 Localización del proyecto.....	18
4.2 Estado actual de segmentos.....	19
4.3 Estudios y diseño de tránsito y transporte.....	20
4.4 Estudios geotécnicos y diseños de pavimento.....	30
Exploración del subsuelo.....	30
Estratigrafía.....	30
Propiedad de los materiales.....	31
4.5 Diseño de losas por metodología PCA.....	32
Entrada de datos al programa de diseño PCA.....	33
Verificación por AASHTO.....	34
Fuente diseño pavimento AASHTO.....	34
Módulo de elasticidad del concreto.....	35
Módulo de reacción de la superficie en la que se apoya el pavimento.....	35
5. Proceso constructivo.....	41
Características de la primera etapa.....	41

Características de la segunda etapa.....	41
Características de la tercera etapa.....	41
Características de la cuarta etapa.....	42
5.2 Procedimiento de la nueva tecnología.....	50
5.3 Errores de construcción.....	54
6 Metodología empleada	55
7 Análisis de resultados.....	56
Conclusiones.....	57
Recomendaciones.....	58
Bibliografía.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización del proyecto	18
Figura 2 Imágenes de recopilación de obra obtenidas antes de iniciar la obra.....	19
Figura 3 Imágenes de recopilación de obras obtenidas antes de iniciar la obra	20
Figura 4 Correlación CBR – Mr (Gráfica de Kentucky).....	36
Figura 5 Relación entre coeficiente estructural para la subbase granular y distintos parámetros de resistencia.	37
Figura 6 Módulo compuesto de reacción de la subrasante.....	38
Figura 7 Demolición de concreto	43
Figura 8 Excavación mecánica	43
Figura 9 Excavación mecánica	43
Figura 10 Relleno rajón	44
Figura 11 Relleno rajón	45
Figura 12 Instalación de tubería de concreto.	45
Figura 13 Nivelación de sub base tipo b.....	46
Figura 14 Imprimación lenta	47
Figura 15 Mezcla MDC-2	47
Figura 16 Acero y concreto MR 43	48
Figura 17 Corte y sello de juntas	49
Figura 18 Estado del colector y preparación del polímero	51
Figura 19 Instalación de la manga en el colector y curado del polímero.	51
Figura 20 Actividad terminada.	53
Figura 21 Actividad de concreto	54
Figura 22 Actividad de concreto.....	55
Figura 23 Estructura de pavimento	57
Figura 24 Resumen de tipo de cada una de las etapas del proyecto.....	57

LISTADO DE CUADROS

Tabla 1 Factores de estacionalidad diaria	23
Tabla 2 Factores tomando información miércoles y sábado	24
Tabla 3 Cálculo del tránsito promedio diario anual	25
Tabla 4 Cálculos	26
Tabla 5 Calculo de Volúmenes Vehiculares	28
Tabla 6 Ejes equivalentes obtenidos a partir de información de campo	29
Tabla 7 Propiedades de los materiales.....	31
Tabla 8 Datos de entrada al método de diseño PCA	32
Tabla 9 Ejes previstos para los 20 años de vida útil	34
Tabla 10 Dovelas o pasadores en juntas transversales	40

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país donde no faltan oportunidades para la inversión extranjera, Industrias pesadas, principalmente de infraestructura, serán las grandes vencedoras, en la medida en que el Gobierno de Juan Manuel Santos vaya introduciendo nuevas reformas que modernizarán la economía. Al igual que una casa, los cimientos de la nueva Colombia se construirán sobre la industria del cemento.

En lo que se refiere a la red de transporte del país, la modalidad más necesitada de desarrollo es el transporte terrestre en particular las líneas ferroviarias y carreteras. A diferencia de la mayor parte de los países latinoamericanos, Colombia tiene cuatro centros económicos principales: Bogotá (capital del país), Medellín, Cali y Barranquilla. (Cartagena, la quinta ciudad del país, está enfocada sobre todo en el turismo). Una red muy frágil de carreteras y autopistas conecta hoy en día esas ciudades.

Se impulsa la construcción de túneles, los cuales usan todo el pavimento en concreto como superficie de rodadura, los principales son los de la Carretera de Occidente en Antioquia, el del Boquerón, el de Buenavista y el de La Línea.

En los últimos años se ha dado un significativo avance en la construcción de pavimentos de concreto, debido a la gran oferta de concreto premezclado de todo el país. Esta oferta de concreto está acompañada de un mejor control, no solo en su producción sino en su colocación ya que los premezcladores de concreto aportan conocimientos y herramientas para la buena ejecución de los pavimentos.

Hoy en Colombia se trabaja con las técnicas más depuradas para la construcción de pavimentos, Las especificaciones que controlan la construcción de pavimento están a la altura de las mejores concebidas en el mundo y los proveedores de concreto y los constructores cumplen con los requisitos establecidos en las normas.

Los pavimentos de concreto son la alternativa acertada cuando se requiere construir obras viales para largos períodos de vida útil y con un mínimo mantenimiento. Su principal diferencia con otras alternativas de pavimentación la constituye su prolongado período de vida útil con el mejor nivel de servicio; por ello resultan siempre como los más económicos en el largo plazo.

Con la realización de este trabajo, se busca analizar el diseño del pavimento y el proceso constructivo en cada una de las actividades del proyecto. Con los diferentes documentos de obra tales como, informes diarios de obra, registro fotográfico, diseño inicial, ensayos de materiales, avancé de obra.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a lo anterior y quizá mirando un poco hacia el pasado, la administración del alcalde Enrique Peñalosa, cuando concibió y diseñó el sistema Transmilenio, evaluó el comportamiento de los pavimentos de concreto y los costos que implicaba adoptar nuevamente en la ciudad este tipo de solución. Se tenían importantes ejemplos como el de la Avenida Eldorado, construida con pavimento de concreto y en servicio permanente por más de 40 años con pequeñas intervenciones de mantenimiento.

Las exigencias del avance en la infraestructura pusieron en evidencia las virtudes de los pavimentos de concreto, debido a la necesidad de contar con una estructura que garantizara el mínimo número de intervenciones para mantenimiento, ya que por tener tráfico canalizado e importantes cargas por eje, no se podría permitir el cierre de la vía para reparaciones. Además, por los continuos cambios y condiciones atmosféricas, el pavimento de concreto resulta más ventajoso, ya que por ejemplo, no se deforma ni cambia el estado inicial con altas y bajas temperaturas, también resulta estable ante el ataque de agentes químicos como solventes y ácidos, algo de mayor importancia, es que con los pavimentos de concreto la ciudad elimina el problema de los baches y cuenta con un pavimento que no se ahueca con el continuo paso de los vehículos.

El pavimento de concreto va más allá de favorecer el tema de la seguridad, le brinda a los vehículos una superficie que le garantiza al conductor el control permanente en la trayectoria de su vehículo y le ofrece menor distancia de frenado, también permiten mejorar el drenaje superficial del pavimento debido al texturizado y posibilita la eliminación del hidroplaneo.

Por su color claro, implica menores costos de iluminación y menor fatiga de los conductores al eliminar el deslumbramiento, y en la parte ambiental son garantía de afinidad con el medio ambiente al ser 100% reciclables y no requerir de calentamiento para su colocación.

Igualmente, al no deformarse ante el paso de las cargas pesadas y tener bajos índices de rugosidad le brindan a los vehículos el menor costo de operación. Por las razones hasta aquí expuestas y ante la certeza del mínimo mantenimiento durante el período de diseño, de los menores costos totales para la inversión, y mediante la utilización de la solución “Whitetopping”, en la aplicación de una capa de concreto sobre la superficie de pavimento asfáltico, otorgando así todas las ventajas ya conocidas y aumentando drásticamente el rendimiento constructivo.

Los argumentos anteriormente mencionados nos permiten realizar un diagnóstico de la utilización del método WHITETOPPING, lo cual nos lleva a plantear los siguientes interrogantes:

- ¿El método es para todo tipo de vías?
- ¿Los costos son competitivos con otros métodos?
- ¿Los mantenimientos son bajos?
- ¿En toda clase de topografía es viable el método?
- ¿No existe inconveniente con las altas temperaturas?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar seguimiento al diseño y método constructivo en las actividades de la obra, con los diferentes documentos, dando un informe plasmado de los antecedentes de cada una de las etapas.

“SEGUIMIENTO AL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SUPER WHITETOPPING EN LA VÍA CALLE 81 ENTRE CARRERA 7 A 11 EN LA CIUDAD DE BAGOTÁ D.C.”

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el diseño del proyecto y la toma de decisiones.
- Conocer procedimientos en las diferentes actividades de la obra.
- Analizar los diferentes tipos de errores.
- Analizar los tiempos de ejecución de los tramos del proyecto y su costo beneficio.
- Qué Ventajas y desventajas del método.

3. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

3.1 JUSTIFICACIÓN

En los últimos años se han venido construyendo los primeros pavimentos de concreto en vías urbanas y carreteras, dentro de los cuales se pueden mencionar algunos proyectos de interés:

- Whitetopping” para la carrera 11 en Sogamoso.
- Carretera Quibdó – Yutó (tramo inicial).
- Avenida Murillo en Barranquilla.
- Whitetopping” de la vía a La Calera (calle 93 con circunvalar a Patios).
- Whitetopping” para la adecuación al sistema Transmilenio de la Troncal Caracas.
- Whitetopping” para la adecuación al sistema Transmilenio de la Autopista Norte.
- Whitetopping” para la adecuación al sistema Transmilenio de la Troncal Carrera 30.
- Whitetopping” para la adecuación al sistema Transmilenio de la Troncal avenida suba.
- Whitetopping” para la adecuación al sistema Transmilenio de la Troncal avenida Américas.

El diseño de la rehabilitación con Whitetopping cumple con los mismos criterios y Parámetros utilizados para el diseño de un pavimento rígido nuevo; la diferencia radica en la estructura de soporte. La aplicación de esta técnica de rehabilitación permite aumentar la vida útil de la estructura existente, por cuanto las losas de concreto que se colocan, se diseñan para un periodo de 20 a 40 años. Su proceso constructivo es más eficaz, pero si se utilizan concretos de resistencia acelerada (fast track) se puede dar apertura al tráfico en 24 horas o menos. El uso de esta técnica, aumenta el nivel de servicio y mejora la geometría de la vía, brindando una mayor seguridad a los usuarios, a la vez que minimiza los costos de operación y mantenimiento de los vehículos.

Esta tecnología permite entregar luego de su aplicación un pavimento de excelente calidad, que permitirá proyectar la vida en servicio del pavimento existente en buenas condiciones de operación, disminuyendo así las constantes intervenciones de mantenimientos y sus correspondientes costos.

3.2 DELIMITACIÓN

El presente proyecto se enfoca al Seguimiento del diseño y construcción de súper whitetopping utilizado en la vía calle 81 entre carreras 7 a 11 en la ciudad de Bogotá.

4. MARCO CONCEPTUAL

Auscultación.

La observación que se realiza en una vía para determinar el estado del pavimento donde se evalúa la estructura, capacidad portante, el tipo de mantenimiento, rugosidad, condiciones locales, entre otros aspectos relevantes de la estructura del pavimento.

Bacheo.

El bache es una falla muy común en los pavimentos flexibles, podemos decir que es la pérdida de la carpeta en un lugar puntual de la superficie de rodadura, motivado por diferentes factores principalmente relacionadas con la calidad de la sub rasante, la filtración de agua o el progreso de la oxidación de los agregados pétreos ó conocido como piel de cocodrilo.

CIV.

Código de Identificación Vial, definido para la nomenclatura establecida por el Instituto de Desarrollo Urbano "IDU", entidad encargada del desarrollo vial en la ciudad de Bogotá Colombia.

Deflectometría.

La deflectometría es un proceso mediante el cual se realiza la evaluación estructural del pavimento, prediciendo una correlación del número estructural, para así obtener la evaluación de la capacidad portante, este proceso se realiza con diferentes equipos de medición.

Índice de rugosidad Internacional (IRI).

El Índice Internacional de Rugosidad, mejor conocido como IRI (International Roughness Index), fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino. El cálculo matemático del Índice Internacional de Rugosidad está basado en la acumulación de desplazamientos en valor absoluto, de la masa superior con respecto a la masa inferior (en milímetros, metros o pulgadas) de un modelo de vehículo dividido entre la distancia recorrida sobre un camino (en m, km. o millas) que se produce por los movimientos al vehículo, cuando éste viaja a una velocidad de 80 km/hrs. El IRI se expresa en unidades de mm/m, m/km, in/mi, etc.

Numero Estructural (SN).

El método AASHTO emplea el concepto de Número Estructural (SN) que representa la capacidad de un pavimento para soportar las sollicitaciones del tráfico. Tiene unidades de

longitud y se expresa en milímetros. El número estructural se denominara SN "structural number".

Parqueo.

El parqueo se refiere al procedimiento que se realiza para el mantenimiento o rehabilitación de la carpeta de concreto asfáltico, en una sección determinada cuando ésta ya presenta falla.

Rugosidad.

Es la desviación del perfil longitudinal del pavimento respecto de un plano, con características y dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de circulación, las cargas dinámicas y el drenaje.

TPD.

Tránsito Promedio Diario. Es un dato real del número de vehículos que transitan o transitarán por un vía y que permite determinar el uso anual que se tendrá y así hacer un análisis del diseño.

Whitetopping (Cubierta Blanca).

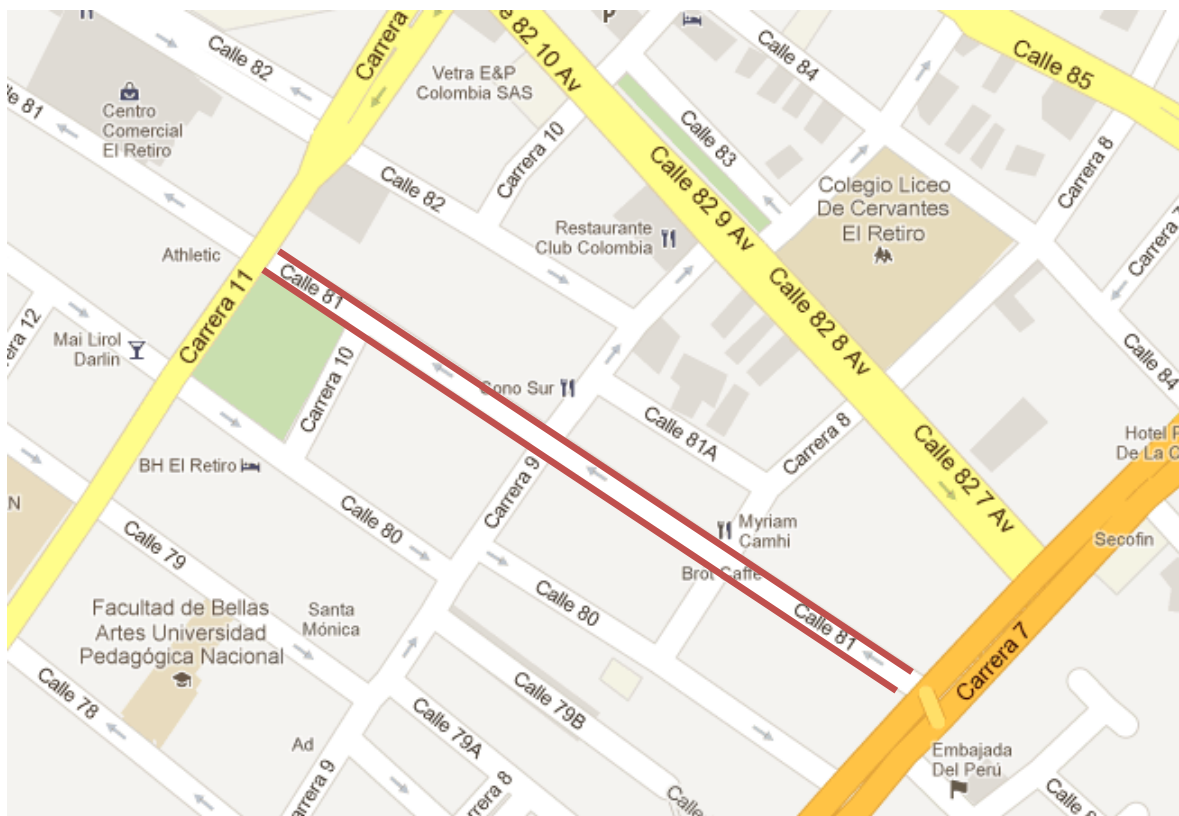
Sobrecarpetas de Concreto (Whitetopping) Los pavimentos denominados Whitetopping, corresponden a rehabilitaciones de pavimentos asfálticos deteriorados. El término aquí utilizado corresponde a rehabilitaciones con pavimentos de concreto convencional tomando como estructura de soporte el pavimento asfáltico que se tiene en el lugar. Los métodos de diseño toman en cuenta esta solución, considerando las características de soporte de la estructura existente que normalmente tiene capa de sub-base, base y asfalto.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Localización del proyecto

Los segmentos evaluados corresponden a los códigos de identificación vial (CIV). 2000923, 2000888, 2000857 y 2000831, En particular dichos segmentos corresponden a la calzada de la Calle 81 entre Carreras 7 y 11

Figura 1. Localización del proyecto



¹ Fuente google earth .

¹ Imagen satelital google earth – SINUPOT Secretaría Distrital de Planeación.

4.2 Estado inicial de segmentos.

Los segmentos objeto de este estudio, son losas de concreto en mal estado con un alto porcentaje de apozamientos y con diferentes tipos de falla, como fisuras escalonadas, transversales, longitudinales y baches, por lo tanto se dificulta la movilidad en el sector. El estado que presentaba la vía se muestra en las panorámicas siguientes.

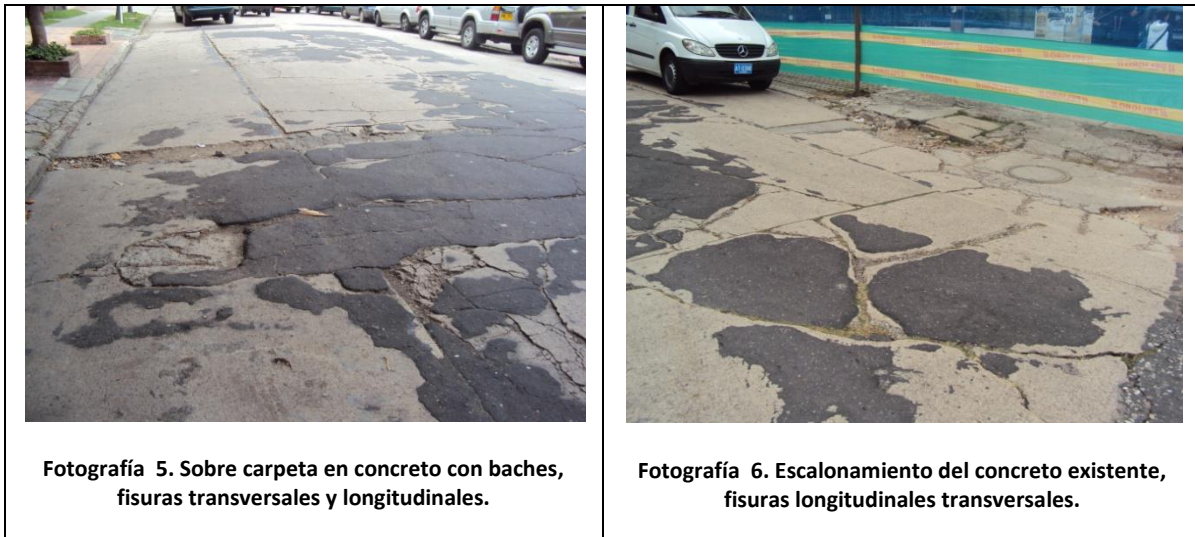
Figura 2. Imágenes de recopilación de obra obtenidas antes de iniciar la obra



²Fuente Sainc informes diarios de obra

²Ingenieros de obra contratistas, Distritos de conservación centro.

Figura 3 Imágenes de recopilación de obras obtenidas antes de iniciar la obra



Fuente Sainc informes diarios de obra.³

4.3 Estudios y diseño de tránsito y transporte

Alcance

Se recopilará, procesará y analizará información de tipo primario y secundario, para la formulación y estimación de proyecciones del tránsito acumulados estimados para 3, 5, 7, 10 y 20 años. Estos volúmenes estarán discriminados por los siguientes tipos de vehículo según sea el caso: vehículos livianos, colectivos pequeños, colectivos grandes, buses, alimentador, camión de dos ejes pequeño, camión de dos ejes grande, camión de tres ejes, camión de cuatro ejes, camión de cinco ejes y camiones de más de cinco ejes.

Etapas en la estimación de los TPDA.

Dentro de las etapas para el cálculo del TPD se consideran varias etapas que se enumeran a continuación:

Recolección de información secundaria proveniente de diferentes proyectos ejecutados anteriormente donde se capturó información propia, de estudios de consultores y entidades tales como Secretaria Distrital de Movilidad, el Instituto de Desarrollo Urbano, entre otras. Para estos factores es la misma información tomada en el estudio inicial de tránsito y transporte.

³ **IDU - Distritos de Conservación**

www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservacion La implementación del programa de **Distritos de Conservación** tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación.

- Análisis de información secundaria, identificación de puntos de toma de información y determinación de periodo de aforo.
- Toma y análisis de información primaria: aforo de volúmenes por tipo de vehículo.
- Análisis y correlación de información.
- Calculo de TPD.

Recolección de información secundaria

En este aparte se hace una consulta y recopilación de información existente. Como resultado de esta actividad se establecieron las intersecciones dentro de la zona de estudio donde se dispone de información histórica para determinar correlaciones y establecer comportamientos de los flujos vehiculares y proyecciones.

A continuación se relaciona la información de volúmenes vehiculares recopilada de diferentes estudios realizados por la Secretaria Distrital de Movilidad.⁴

Tabla 1 volúmenes vehiculares recopilada de diferentes estudios realizados por la Secretaria Distrital de Movilidad.

Dirección Carrera 7 x cll 85	Fecha Martes, 27 de marzo de 2007	Fuente STT 116/06
	Fecha Martes, 13 de mayo de 2008	Fuente SDN 084/07

Toma de información primaria e identificación de puntos de registro.

Para la toma de información primaria se determinaron puntos fuera de los corredores y sobre cada uno de los corredores de la malla vial, arterial e intermedia del área de influencia en donde se detectaron movimientos vehiculares importantes que podrían ser atraídos por el proyecto o que podían convertirse en vías de desvío para el tránsito de vehículos afectados por la ejecución del mismo; bajo estas condiciones se determinaron estaciones de tomas de información en diferentes horarios, conforme la siguiente jerarquización:

- Estaciones maestras durante 24 horas un día hábil.
- Estaciones secundarias durante un periodo de 16 horas, un día hábil y un día sábado.

⁴ “CONTRATO # STT-199-2006 TOMA DE INFORMACION DE CAMPO PARA EL PROGRAMA DE MONITOREO, SEGIMIENTO Y PLANEACIÓN DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE DE BOGOTA DC.”

- Punto sobre los corredores donde se tomó la información durante un periodo de 3 horas, un día hábil y un sábado.
- Segmentos viales del grupo dos (Contrato de IDU distritos de conservación centro) durante 1 hora, un día hábil y un sábado.

Para el caso de la calle 81 se tomó información así:

- sábado 28 de marzo 2009 calle 81 con carrera 8 (sentido E-W)
- miércoles, 01 de abril 2009 carrera 10 con calle 81 (sentido E-W)

Caracterización de los flujos

Primer paso para la información recopilada, para cada punto de toma de información se determinaron los volúmenes horarios para cada 15 minutos, durante el periodo de aforo, realizando este cálculo por sentido de circulación, por tipo de vehículo y agrupando volúmenes en vehículos mixtos y en equivalentes. Para poder llevar de vehículos mixtos a vehículos equivalentes se utilizaron los factores empleados por el grupo de semaforización de la SDM, con el objeto de trabajar en unidades similares (p.c.u.); a saber:

- factor automóvil: 1.0
- factor bus: 2.0
- factor camión 2.5

La manera como se agruparon los vehículos mixtos, para poder utilizar los factores fue:⁵

Tabla 2 Agrupación de vehículos mixtos

TIPO DE VEHICULO EQUIVALENTE	TIPO DE VEHICULO MIXTO Y FACTOR DE CONVERSION
AUTOS	(L +CP) X 1.0
BUS	(CG + B) X 2.0
CAMIÓN	(C2P+C2G+C3+C4+C5+) X 2.5

⁵ Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. ANEXO TÉCNICO PARA DISTRITOS TÉCNICOS DE CONSERVACIÓN.

⁵ **IDU - Distritos de Conservación**

www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservacion La implementación del programa de **Distritos de Conservación** tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación.

El procedimiento a seguir dependió del periodo de toma de información, las estaciones (maestras) donde se tomo información durante todo el día se procesaron directamente; las intersecciones secundarias, los puntos sobre los corredores, los puntos evaluados y los segmentos, requirieron de un procedimiento adicional que consistió en expandir el periodo aforado a un total de 24 horas.

Para el cálculo de los volúmenes en los segmentos viales de la calle 81 entre carrera 7 y 11 se realizó el siguiente procedimiento:

- calculo de los volúmenes durante la hora de toma de información, para un día hábil y un sábado.
- Expansión de volúmenes de una a veinticuatro horas. Para realizar el expansivo se identificó la estación maestra o intermedia más cercana a los segmentos; para cada sentido de circulación sobre el segmento se identificó la sumatoria de los factores de expansión de la estación determinada y se realizó la operación correspondiente. $\text{Volumen (24 horas)} = (1 \text{ hora}) / \text{sumatoria factores de expansión (1 hora)}$
- Asignación de volúmenes expandidos a los segmentos dados.

Calculo de TPD actual

Para cada uno de los puntos evaluados independientemente del horario en el cual se realizó la toma de información se calculó el TPD mediante el siguiente procedimiento:

- Determinación del TPD semanal, empleando los factores de estacionalidad diaria mencionados en la información secundaria.

Tabla 3. Factores de estacionalidad diaria

FACTORES DE ESTACIONALIDAD DIARIA											
	L	CP	CG	BUSES	A	C2P	C2G	C3	C4	C5	C5+
LUNES	1.14	1.072	1.072	1.072	1.072	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005
MARTES	1.12	1.081	1.081	1.081	1.081	1.053	1.053	1.053	1.053	1.053	1.053
MIERCOLES	1.13	1.078	1.078	1.078	1.078	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
JUEVES	1.13	1.055	1.055	1.055	1.055	1.077	1.077	1.077	1.077	1.077	1.077
VIERNES	1.14	1.069	1.069	1.069	1.069	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118
SABADO	1.45	1.381	1.046	1.075	0.808	0.737	1.569	0.663	0.812	1.279	0.555
DOMINGO	0.48	0.689	0.689	0.689	0.689	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491

Tabla 4. Factores tomando información miércoles y sábado

FACTORES TOMANDO INFORMACION MIERCOLES Y SABADO									
L	CP	CG	BUSES	C2P	C2G	C3	C4	C5	C5+
6.217	5.966	5.966	5.966	5.744	5.744	5.744	5.744	5.744	5.744

Fuente Distritos de conservación centro.

- El tránsito semanal (TS) corresponde a sumatoria de los volúmenes para cada día de la semana
- El tránsito promedio diario semanal, corresponde al tránsito semanal dividido a los 7 días de la semana
- Cálculo del tránsito promedio mensual corresponde a la multiplicación del TPDS por 30
- Estimación de los volúmenes vehiculares mensuales. El valor obtenido por el TM (tránsito mensual) se multiplicó por los factores de estacionalidad mensual como información secundaria y por la relación de días de cada mes por 30
- Los volúmenes por tipo de vehículo para el 2009 corresponden a la sumatoria de los volúmenes de los 12 meses del año
- El tránsito promedio diario anual (TPDA) corresponde a la división de los volúmenes actuales por los 365 días del año.

Tabla 5. Cálculo del tránsito promedio diario anual

CÁLCULO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL

Datos de campo

FECHA	LOCALIZACION	L	CP	CG	BT	C2P	C2G	C3	C4	C5	C5+
sábado, 28 de marzo de 2009	K 8 - 11	94	0	0	0	1	0	0	0	0	0
sábado, 28 de marzo de 2009	K 8 - 11	98	0	0	0	2	0	0	0	0	0
sábado, 28 de marzo de 2009	K 8 - 11	94	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sábado, 28 de marzo de 2009	K 8 - 11	89	0	0	0	1	2	0	0	0	0
Totales datos de campo		375	0	0	0	4	2	0	0	0	0
factores expansión a 24 horas		0.0644	0.07	0.08	0.04	0.03	0.04	0.1	0	0	0.07
Datos de campo expandidos 24 horas - sábado		5825	0	0	0	136	48	0	0	0	0

FECHA	LOCALIZACIÓN	L	CP	CG	BT	C2P	C2G	C3	C4	C5	C5+
miércoles, 01 de abril de 2009	C 81	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
miércoles, 01 de abril de 2009	C 81	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0
miércoles, 01 de abril de 2009	C 81	162	0	0	0	1	0	0	0	0	0
miércoles, 01 de abril de 2009	C 81	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totales datos de campo		521	0	0	0	1	0	0	0	0	0
factores expansión a 24 horas		0.085	0	0.05	0.07	0.03	0.03	0	0	0	0
Datos de campo expandidos 24 horas - miércoles		6130	0	0	0	31	0	0	0	0	0

Fuente Distritos de conservación centro.

Tabla 6. Cálculos

Cálculos										
	TOTAL	L	CP	CG	BT	C2P	C2G	C3	C4	C5
Factores tomando información Miércoles y Sábado	6.217	5.97	5.97	5.97	5.74	5.74	5.74	5.74	5.74	5.74
Transito Semanal (TS)	43935	0	0	0	314	48	0	0	0	0
Transito Promedio Diario Semanal (TPDS)	6276.5	0	0	0	44.9	6.86	0	0	0	0
Factores Mensuales de Enero a Diciembre	11.871	11.9	11.9	11.9	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
Volumen 2009(Factores Mensuales de Enero a Diciembre)	521534	0	0	0	3720	569	0	0	0	0
Transito Promedio Diario Anual(TPDA)	1429	0	0	0	10	2	0	0	0	0

Fuente Distritos de conservación centro.

Proyecciones de los volúmenes vehiculares en el periodo de diseño.

Las proyecciones de los volúmenes vehiculares se realizaron partiendo del TPDA calculado para la calle 81 entre carreras 7 y 11, conforme lo establecido en los términos de referencia para 3, 5, 7, 10, 15 y 20 años tomando como el año base el TPDA calculado para el año 2009. Dichas proyecciones parten de la demanda de viajes proyectados para el estudio de plan maestro de transporte urbano de Bogotá DC., que indica que la relación de aumento de viajes por modo entre los años de 1995 al 2020 es de 2,19 para el modo privado y de 1,31 para el modo público. Estas cifras convertidas a tasas de crecimiento anual muestran valores del 3.18% y del 1.09% para el modo privado y público correspondientemente.

Las proyecciones de tránsito obedecen a la siguiente ecuación:

$$T = |(1+r)^n - 1| T$$

Donde:

T= volumen esperado

T1=volumen de tránsito durante 2009=TPDA por 365 días

R=tasa de crecimiento anual para cada tipo de vehículo

N= periodos de diseño 3, 5, 7, 10,15 y 20 años respectivamente.

Los resultados de los TPDA y de las proyecciones se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 7. Cálculo de Volúmenes Vehiculares

Cálculo de Volúmenes Vehiculares										
Cálculo Volumen										
Volúmenes Acumulados	L	CP	CG	BT	C2P	C2G	C3	C4	C5	C5+
Volúmenes Acumulados a tres años	1.569.821	0	0	0	11.519	1.761	0	0	0	0
Volúmenes Acumulados a cinco años	2.701.333	0	0	0	19.823	3.030	0	0	0	0
Volúmenes Acumulados a siete años	3.905.953	0	0	0	28.662	4.381	0	0	0	0
Volúmenes Acumulados a diez años	5.860.378	0	0	0	43.004	6.573	0	0	0	0
Volúmenes Acumulados a quince años	9.554.688	0	0	0	70.113	10.716	0	0	0	0
Volúmenes Acumulados a veinte años	13.874.959	0	0	0	101.816	15.561	0	0	0	0

Fuente Distritos de conservación centro.

Calculo del número de ejes equivalentes.

Para la metodología de diseño se requiere tener el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas por eje sencillo que se espera circulen sobre el pavimento durante el periodo de diseño, que para este caso es de 10 años. La ecuación que nos permite determinar el número de ejes equivalentes es:

$$N = \text{TPDA} \times (A/100) \times (B/100) \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} \times \text{FC}$$

TPD= tránsito promedio diario proyectado para el primer año de servicio del pavimento.

A=% de vehículos comerciales.

B=% de vehículos comerciales que emplean el carril de diseño

N= periodo de diseño (años)

R= tasa de crecimiento anual de tránsito

FC= factor camión

Para el presente estudio se emplearán los factores de equivalencia recomendados por la Universidad del Cauca:⁶

C2P: 1.14 / 2G: 3,44 / C-3: 3,76 / C-4: 3.76 7/ C-5: 4.44 / >C-5: 4.72

⁶ IDU Distritos de conservación.

Tabla 8. Ejes equivalentes obtenidos a partir de información de campo

Variables de calculo	L	CP	CG	BT	C2P	C2G	C3	C4	C5	C5+
Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)2009	1429	0	0	0	10	2	0	0	0	0
Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)2010	1474	0	0	0	10	2	0	0	0	0
Porcentaje de Vehículos por tipo	99%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
Tasa de crecimiento anual de tránsito	3.18%	1.09%	1.09%	1.09%	3.18%	3.18%	3.18%	3.18%	3.18%	3.18%
Factor Camión F.C.	0.012									
TPD	1441									
% de Vehículos Comerciales (A)	100									
% de vehículos comerciales que emplean el carril de diseño (B)	50									
Periodo de diseño (Años)	20									
Número de ejes equivalentes a 8.2 Ton (2009 - 2029)	85.767									
Número de ejes equivalentes a 8.2 Ton (2010 - 2030)	92.746									

Ejes equivalentes de diseño

Variables de calculo	L	CP	CG	BT	C2P	C2G	C3	C4	C5	C5+
Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)	82.03	0	0	0	60	9	0	0	0	0
Porcentaje de Vehículos por tipo	99%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
Tasa de crecimiento anual de tránsito	3.18%	1.09%	1.09%	1.09%	3.18%	3.18%	3.18%	3.18%	3.18%	3.18%
Factor Camión F.C.	0.012									
TPD	8275									
% de Vehículos Comerciales (A)	100									
% de vehículos comerciales que emplean el carril de diseño (B)	50									
Periodo de diseño (Años)	20									
Número de ejes equivalentes a 8.2 Ton	504.116									

Fuente Distritos de conservación centro.

En caso de presencia de rutas alimentadoras el factor de equivalencia que se empleará será de 2,54

4.4 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y DISEÑOS DE PAVIMENTO

Exploración del subsuelo

Para la exploración de la estructura de pavimento existente se realizó un apique de un (1) metro de profundidad, de allí se tomaron dos muestras de suelo, la primera corresponde a una Grava Limosa pobremente gradada, color amarillo, de compactación media y humedad alta. El segundo material (subrasante) corresponde a una Arcilla Limosa de compresibilidad baja, color café de consistencia firme.

A las dos muestras se le tomaron ensayos de Gradación y límites de Atterberg, se complementaron con ensayos de cono dinámico, en la que se correlaciona el CBR.

Adicionalmente de los apiques se tomaron muestras inalteradas en molde de CBR, resultados que se muestran en el anexo No 1 Exploración Geotécnica. El ensayo se realizó a humedad natural y después de saturar la muestra durante 96 horas. La muestra ensayada se extrajo a 30 cm de la rasante, y es la correspondiente a la arcilla limosa de baja compresibilidad.

Como CBR de diseño se tiene un valor de 4.52%.

Estratigrafía.

Con base a los resultados obtenidos en campo se ha podido definir el siguiente perfil general del suelo:

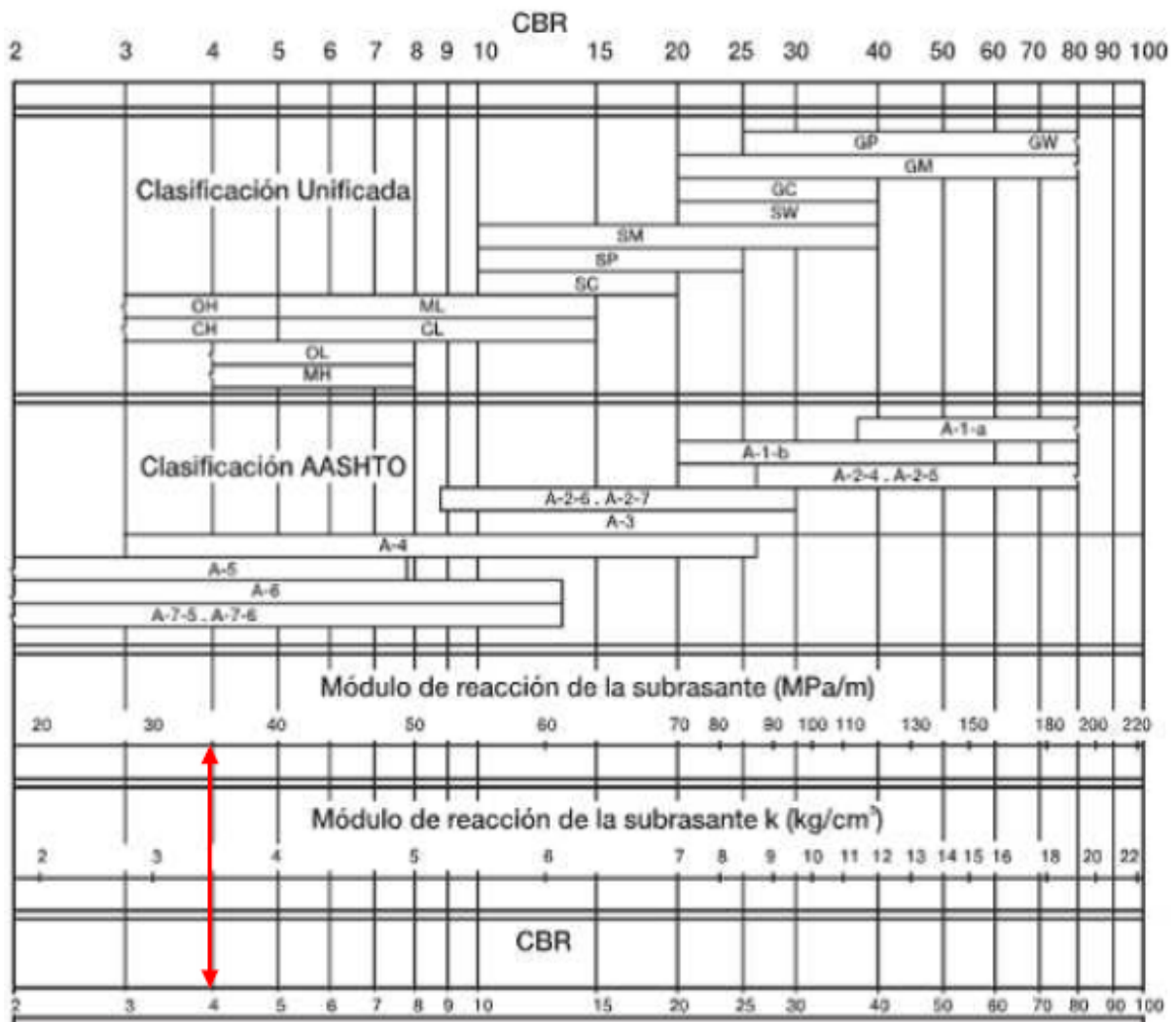
- Superficialmente aparece unas losas de concreto con alto grado de deterioro con espesores de 15 cm.
- Sigue una grava limosa pobremente gradada color amarillo de consistencia media. La humedad natural es de 8.6%, no presenta límite líquido ni límite plástico, por lo tanto su índice de plasticidad es de cero (0). La clasificación según AASHTO es A-1-a, y según U.S.C. es GP-GM.
- A continuación aparece una arcilla limosa de compresibilidad baja de color café, de consistencia firme. La humedad natural es de 33.6% y sus límites de consistencia son límite líquido al 48.1% y límite plástico de 22.3% por lo tanto su índice de plasticidad es de 26%. Según AASHTO se clasifica como un material A-7-6, y según U.S.C. como un CL.

- En el momento de realizar un apique no se detecto agua libre, ni presencia de nivel freático aún así, por el alto grado de humedad de la muestra se debe diseñar para condición de subrasante saturada.

Propiedad de los materiales.

- Módulo de reacción de la subrasante de 4.0% para obtener un valor de módulo de reacción de subrasante de 35 MPa/m.
El módulo de rotura del concreto asumido es de 4.5 MPa. El diseño de la estructura considera dentro de su hipótesis que el pavimento tendrá dovelas.

Tabla 9 Propiedades de los materiales



Fuente propiedades de los materiales casa grande.

Si se asume un espesor de sub-base granular de 10 cm, resulta un módulo de reacción combinado de 39MPa/m.

4.5 DISEÑO DE LOSAS POR METODOLOGIA PCA.

Con el TPD para un periodo de diseño de 20 años, dado en el informe de tránsito se calcularon las repeticiones esperadas para cada carga por eje. Así mismo se eligió un factor de mayoraciones de repeticiones igual a 1.2 y un factor de seguridad de carga igual a 1.1. Se presenta un resumen de los datos empleados para desarrollar el diseño.

Tabla 10 Datos de entrada al método de diseño PCA

Datos de entrada al método de diseño PCA					
REPETICIONES ESPERADAS PARA INGRESAR AL PROGRAMA DE PCA					
Factor de seguridad de carga (FSC)			1.1		
Factor de mayoración de repeticiones (FMR)			1.2		
Módulo subrasante (ksubrasante)			35	Mpa/m	
Tipo subbase			Granular		
Espesor subbase			150	mm	
Modulo subbase por combinado(ksubbase)			42	Mpa/m	
Berma			NO		
Dovelas			SI		
Modulo rotura concreto			4.3	Mpa	
CARGA POR EJE (ton)	CARGA POR EJE (Kn)	TIPO EJE	CARGA POR EJE * FSC (kN)	REPETICIONES ESPERADAS	REPETICIONES ESPERADAS * FMR
2.45	24.01	Simple dos llantas	26.41	640.15	768.378
5.00	49.00	Simple dos llantas	53.90	0	0
6.00	58.80	Simple dos llantas + simple cuatro llantas	64.68	736.362	883.634
10.00	98.00	simple cuatro llantas	107.80	0	0
11.00	107.80	Tándem	118.50	96.047	115.257
22.00	215.60	Tándem	237.16	0	0

Fuente Diseño PCA

Se observan los datos de entrada al programa del cálculo y el consumo por fatiga y por erosión resultante (35.85% y 10.32% respectivamente) para un espesor de losa de 15 cm y las condiciones de carga y características de materiales mencionados anteriormente.

Entrada de datos al programa de diseño PCA.⁷

Fuente Diseño PCA

Según los resultados del método de diseño empleado (PCA), y teniendo en cuenta las consideraciones constructivas y del comportamiento del concreto hidráulico, resulta la siguiente estructura de pavimento.

Esquema estructura de pavimento	
16 cm	Losa de concreto hidráulico con pasadores de transferencia de carga MR = 4.3 Mpa
5 cm	MDC-2
10 cm	SBG-A

⁷ **Método PCA**

icc.ucv.cl/obras viales/docencia/metodopca.htm

Portland Cement Association [P.C.A.] publicó en 1966 un procedimiento para el **diseño** de espesores de **pavimento**, basado en el concepto de "consumo"

Verificación por AASHTO

Para el método AASHTO la formula de diseño es⁸

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_f) \times \text{Log}_{10}\left[\frac{M_r C_{dr} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}} \right)} \right]$$

Donde:

- W_{8.2} = Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 ton a lo largo del periodo de diseño
- Z_r = Desviación Normal Estándar
- S_o = Error estándar combinado
- D = Espesor de pavimento de concreto
- ΔPSI = Diferencia entre los índice de servicio inicial y final
- P_f = Índice de serviciabilidad final
- M_r = Módulo de Rotura del concreto.
- C_d = Coeficiente de Drenaje
- J = Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas
- E_c = Módulo de elasticidad del concreto
- K = Módulo de reacción de la superficie en la que se apoya el pavimento.

Fuente Diseño pavimento AASHTO

Numero de ejes previstos

El cálculo de número de ejes previstos para los 20 años de vida útil, para los cuales tenemos los siguientes resultados.

Tabla 11 Ejes previstos para los 20 años de vida útil

CIV	CODIGO ELEMENTO	CIV	ORDEN ELEMENTO	NOMEN.	DESDE	HASTA	N
2000923	2	20009233-2	-	CL 81	AK 7	KR 8	504.116
2000888	2	2000888-2	-	CL 81	KR 8	KR 9	504.116
2000857	2	2000857-2	-	CL 81	KR 9	KR 10	504.116
2000831	2	2000831-2	-	CL 81	KR 10	KR 11	504.116

Fuente Distritos de conservación centro.

⁸ **SOFTWARE DE DISEÑO DE PAVIMENTOS**

www.ibch.com

Formato de archivo: PDF/Adobe Acrobat - Vista rápida

INTRODUCCIÓN A DIPAV. El IBCH ha desarrollado un **programa** que permite el **diseño** de **pavimentos** rígidos y flexibles.

Serviciabilidad.

Para el estudio emplearemos una serviciabilidad inicial de 4.5 y una serviciabilidad final de 2.2 por lo tanto el PSI será de 2.3 Δ

Modulo de rotura del concreto.

El modulo de rotura del concreto a emplear deberá ser de 4.3 MPa (623.66psi).

Coefficiente de drenaje.

Teniendo en cuenta el nivel de precipitación de Bogotá y la calidad del drenaje, tal coeficiente lo vamos a trabajar con $C_d=1.0$.

Coefficiente de transmisión de cargas en las juntas.

Teniendo en cuenta que los bordillos que se utilizarán serán prefabricados, y que por ende éstos no se encuentran unidos a las losas, dejándose de considerar el efecto berma, el valor j será de 3.9.

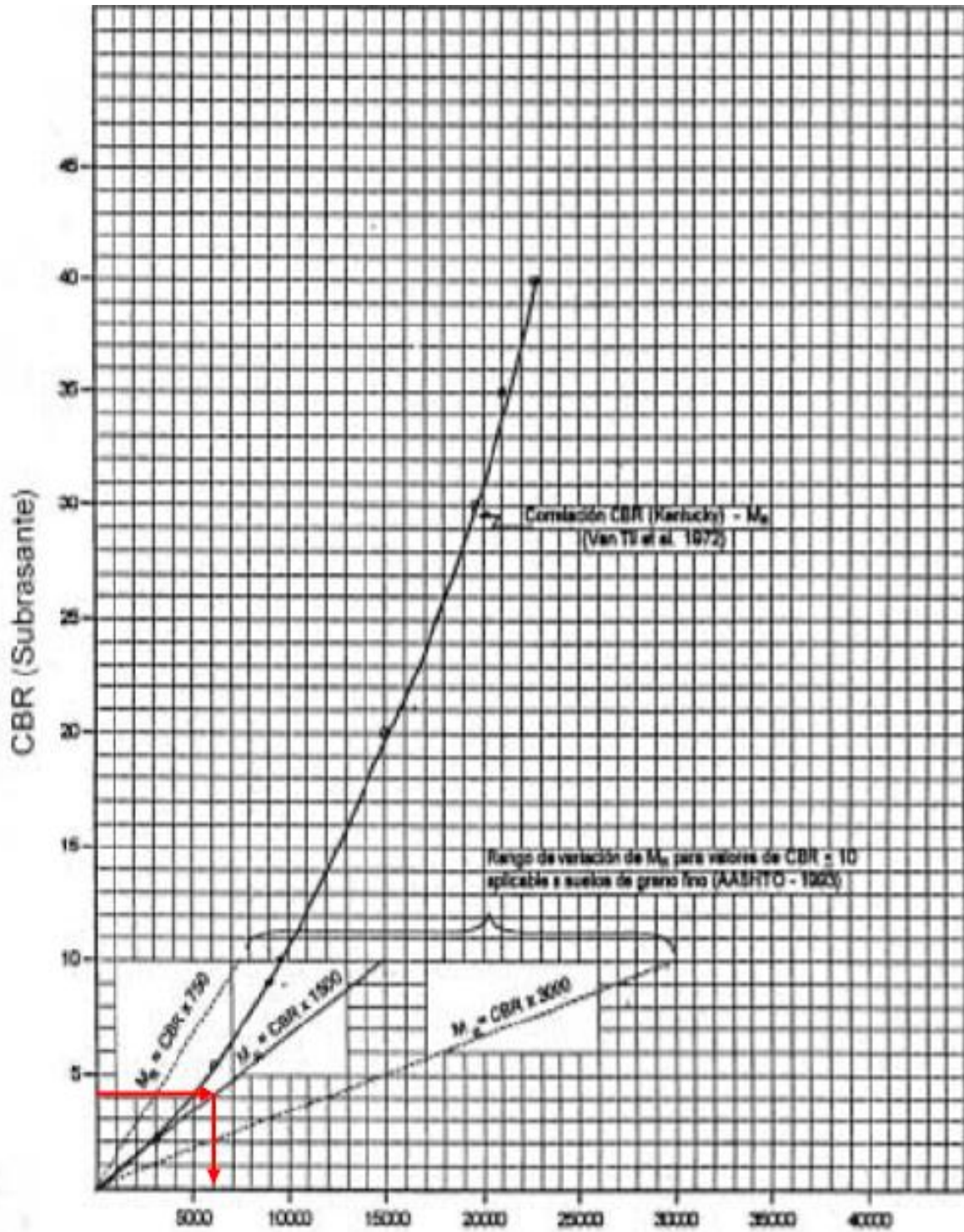
Modulo de elasticidad del concreto.

Para un concreto cuyo módulo de rotura es 623.66 psi, le corresponde un módulo de elasticidad de aproximadamente 4.209.705 psi.

Modulo de reacción de la superficie en la que se apoya el pavimento.

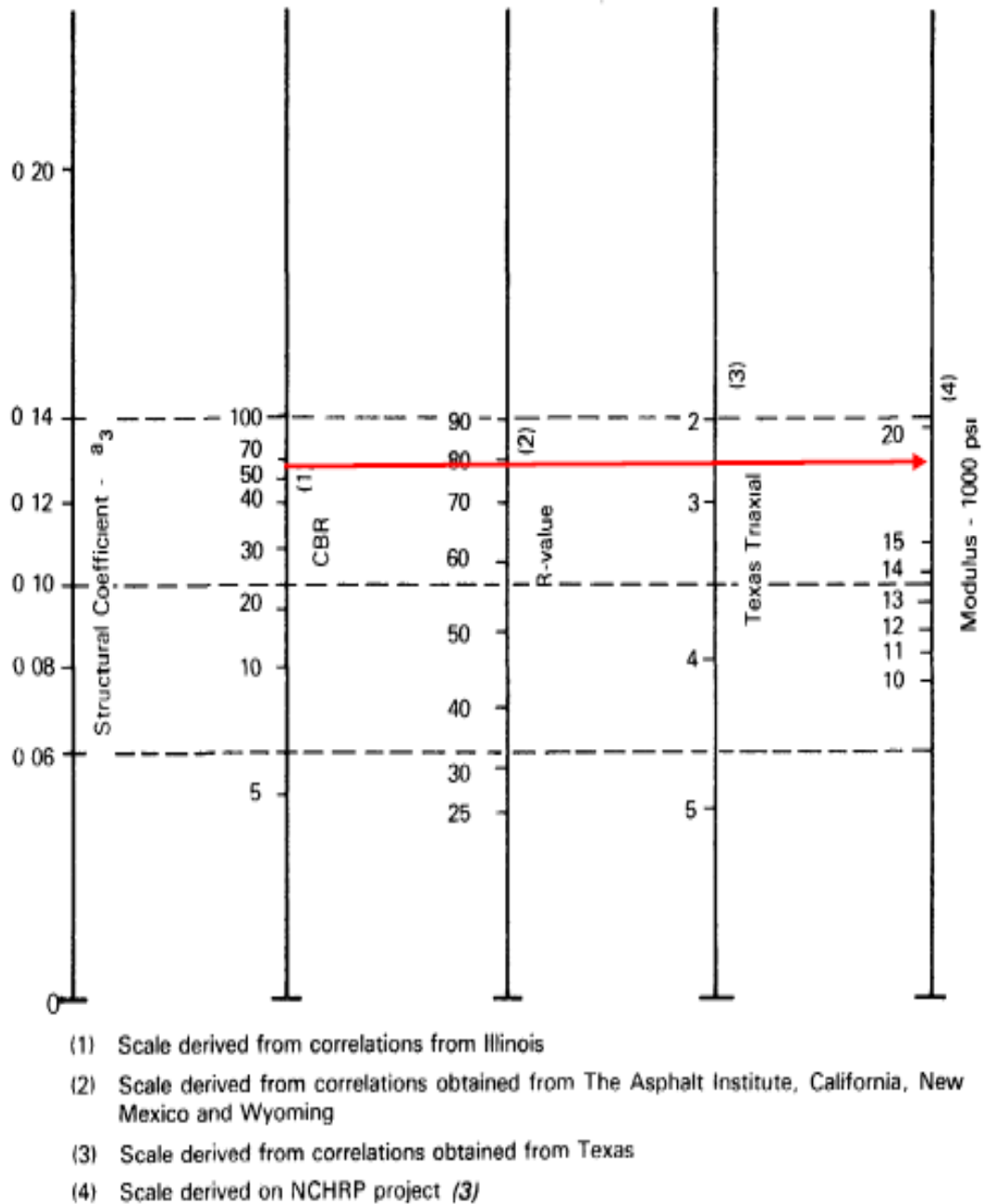
Teniendo en cuenta el CBR de diseño, que para los segmentos fue de 4, y empleando el nomograma el modulo resiliente de la subrasante es de 6000 psi. Con base es que la verificación parte de que está diseñado para 15 cm de subbase granular tipo SBG-A la cual según la norma del IDU ET- 2005 exige como mínimo tener un CBR de 60, y empleando el nomograma de AASHTO encontramos que el módulo de elasticidad del material es de 18000 psi. Teniendo el modulo resiliente de la subrasante y el módulo de elasticidad del granular calculamos el módulo combinado de la subrasante, empleando el nomograma mostrado. Para tal caso el modulo fue de 350 pci. Como debemos tener en cuenta la pérdida de soporte que tiene lugar por efecto de erosión de la subbase y que, de acuerdo a la metodología se recomienda valores entre 1 y 3 para bases granulares no tratadas, tomaremos para efecto del presente estudio un valor de $I_s=2.0$. Con base en tal valor, y en el nomograma, obtenemos un módulo de reacción efectivo de la subrasante igual a 35 pci.

Figura 4 Correlación CBR – Mr (Gráfica de Kentucky)



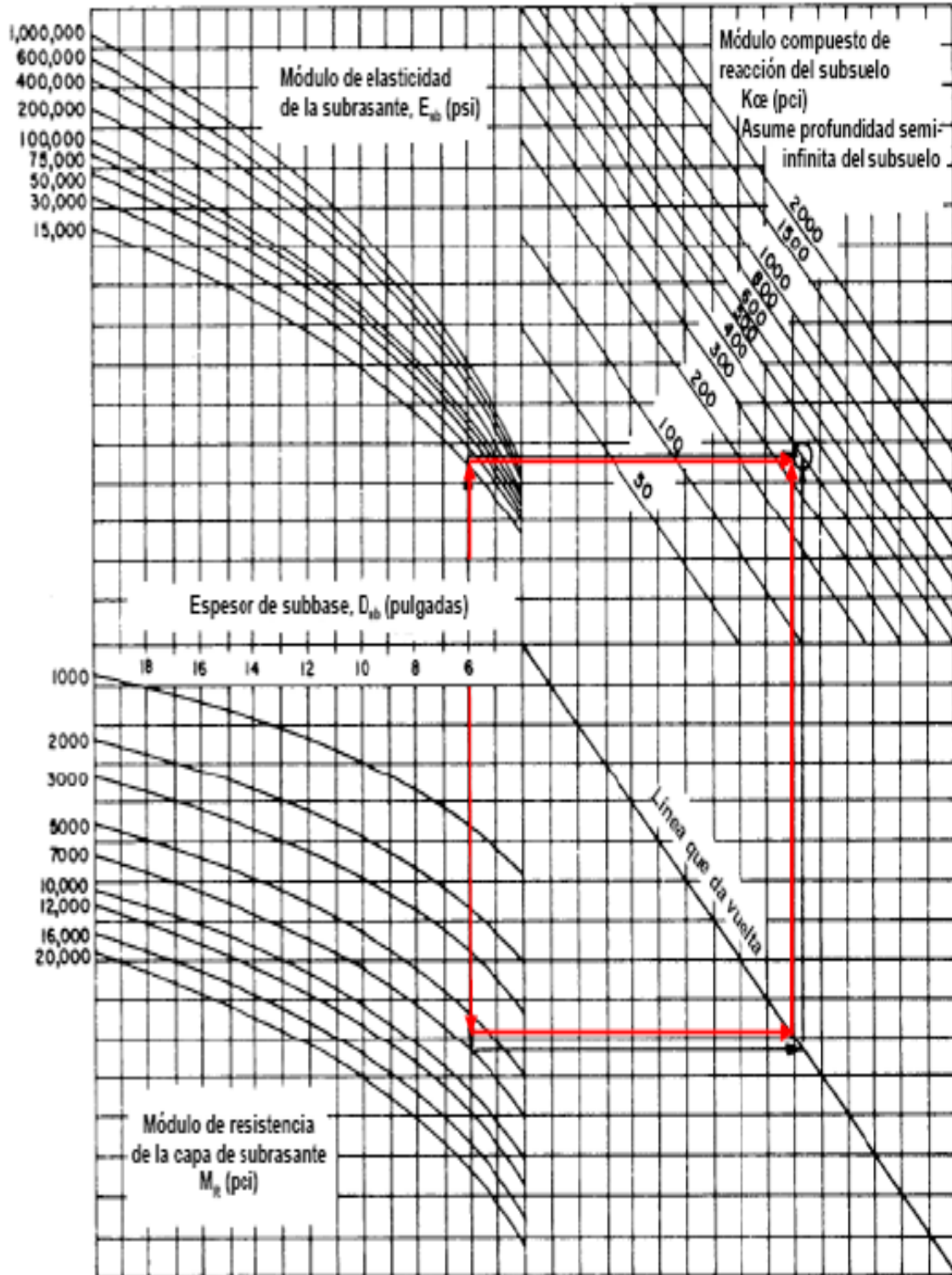
Fuente Nomogramas diseños de pavimento

Figura 5 Relación entre coeficiente estructural para la subbase granular y distintos parámetros de resistencia.



Fuente Nomogramas diseños de pavimento PCA

Figura 6 Módulo compuesto de reacción de la subrasante.



Fuente Nomogramas diseños de pavimento

Se observan los datos de entrada al programa de cálculo y el espesor resultante de la losa, que según la verificación por AASHTO resulto ser de 19cm.

Entrada de datos al programa de Diseño AASHTO⁹

Fuente programa de Diseño AASHTO

Se recomienda la colocación de una capa de mezcla densa en caliente tipo MDC-2 entre la base granular y la losa de concreto, con el fin de controlar el fenómeno de erosión. Esta mezcla deberá tener un contenido de asfalto 0.5 % mayor que el contenido óptimo obtenido en el diseño Marshall. A continuación se presenta el cálculo de juntas y pasadores para esta alternativa.

⁹ Software para diseño de pavimentos AASHTO 1993

La mejor referencia para este programa es la Guía misma:

https://bookstore.transportation.org/Item_details.aspx?id=374

Barras de Anclaje

Las barras de anclaje se diseñan para mantener la trabazón de agregados, en las juntas longitudinales de contracción, las cuales conservan la junta cerrada. El espaciamiento de las barras de acero varía con el espesor de la losa y la distancia a la junta más cercana al borde libre.

Dado que el espesor de la losa es de 19 cm, se eligieron barras de anclaje con las siguientes características: varilla corrugadas fy: 60000psi, diámetro ½", con una longitud de 0.85 mts separadas cada 1.2mts.

Juntas transversales

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

Sello de juntas

El sellante propuesto debe corresponder a una masilla plástica de poliuretano monocomponente de bajo módulo, capacidad de elongación de -50 a 100. La disposición de la ranura está basada en el análisis del cálculo de la dilatación de las losas, la cual es de 1 a 2 mm.

Dovelas de transferencia de carga.

A continuación se plasma la recomendación de la PCA-84, en función del espesor de la losa.

Tabla 12 Dovelas o pasadores en juntas transversales

Dovelas o pasadores en juntas transversales			
Espesor losa (mm)	Diámetro del pasador (pulgadas)	Longitud total (mm)	Separación entre centros (mm)
190-200	1"	350	300

Fuente Distritos de conservación centro.

5 PROCESO CONSTRUCTIVO

El proceso constructivo de la obra fue en cuatro etapas, la primera se inició el día 4 de marzo del 2010, y comprende la calle 81 entre la carrera 7 hasta la carrera 8 en toda su calzada y la carrera 8 a la carrera 9 en mitad de calzada.

Características de la primera etapa.

- Longitud calle 81 entre carrera 7 y carrera 8 = 220 ml
- Ancho de calzada = 10.20 ml
- Longitud calle 81 entre carrera 8 y carrera 9 = 180ml
- Medio ancho de calzada = 5.10 ml

Características de la segunda etapa.

- Longitud calle 81 entre carrera 8 y carrera 9 = 180ml
- Medio ancho de calzada = 5.10 ml

Siendo el mismo procedimiento del anterior pero con la diferencia que ya se había instalado la tubería del colector principal de 12" en concreto que es la ruta crítica del proyecto se terminó la etapa el día 25 de mayo del 2011.

Tanto en la etapa 3 y etapa 4 del proyecto se tenía que cambiar la tubería de alcantarillado por el deterioro estructural de la tubería no se cambio como en el tramo 1 y 2 de concreto si no con tecnología de recubrimiento con polímeros para así no tener que demoler si no colocarle la manga y el polímero se adhiere a la tubería y se vuelve rígida como el concreto.

Características de la tercera etapa.

- Longitud calle 81 entre carrera 9 y carrera 10 = 190ml
- Ancho de calzada = 10.20 ml

La tercera etapa del proyecto se inició el día junio 30 del año 2011 y se terminó el día 1 de noviembre del año 2011.

Características de la cuarta etapa.

- Longitud calle 81 entre carrera 10 y carrera 11 = 110ml
- Ancho de calzada = 10.20 ml

La tercera etapa del proyecto se inició el día enero 07 del año 2012 y se terminó el día 6 de marzo del año 2012.

Por diseño anteriormente explicado para la calle 81 entre las carreras 7 a la carrera 11 y avalado por la interventoría se presenta en la siguiente figura.

Figura 7 Esquema estructura de pavimento

Esquema estructura de pavimento		
19 cm		Losa de concreto hidráulico con pasadores de transferencia de carga MR = 4.3 Mpa
5 cm		MDC-2
15 cm		SBG-A

Fuente Distritos de conservación centro.

Por motivos de poca capacidad portante del terreno. Qué se determinó con una prueba de carga en toda su longitud en la subrasante se determinó en conjunto interventoría contratista sobre excavar 30 cm los cuales iban a ser rellenados en la siguiente forma.

- .05 cm de sello (b-400)
- .25 cm de rajón

5.1 ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS

Se inicio en todas las cuatro etapas del proyecto con la demolición de concreto en su totalidad.

Figura 8. Demolición de concreto



Fotografía 7. Demolición de concreto en cada una de las etapas del proyecto.



Fotografía 8. Demolición de concreto con martillo hidráulico.

Fuente Sainc informes diarios de obra.¹⁰

Terminada la actividad de demolición de concreto se inició la excavación mecánica siendo esta actividad la que indique el estado de la subrasante.

Figura 9. Excavación mecánica



Fotografía 9. Excavación mecánica



Fotografía 9. En las tres primeras etapas se excavó por media calzada.

Fuente Sainc informes diarios de obra

¹⁰ **IDU - Distritos de Conservación**
www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservacion La implementación del programa de **Distritos de Conservación** tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación

Figura 10. Excavación mecánica



Fotografía 11. La subrasante es totalmente tierra negra



Fotografía 10. Se niveló y se procedió a compactarlo

Fuente Sainc informes diarios de obra.¹¹

La actividad siguiente el relleno con rajón seleccionado; organizado de tal forma que deje una superficie homogénea para compactarla.

Figura 11. Relleno rajón



Fotografía 11. Compactación de la subrasante



Fotografía 12. Relleno de rajón en algunas casos a mano

Fuente Sainc informes diarios de obra.

¹¹ **IDU - Distritos de Conservación**

www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservacion La implementación del programa de **Distritos de Conservación** tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación

Figura 12. Relleno rajón



Fotografía 13. Humectación del sello

Fotografía 14. Compactación del rajón teniendo en cuenta la tubería para no dañarla

Fuente Sainc informes diarios de obra.¹²

Fue el argumento que la tubería estaba obsoleta en grado 4 de daño motivo por el cual el EAAB y la interventoría autorizo el cambio. Esto conlleva a retrocesos en las actividades.

Figura 13. Instalación de tubería de concreto.

¹² **IDU - Distritos de Conservación**
www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservacion La implementación del programa de **Distritos de Conservación** tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación



Fotografía 15. Excavación e instalación de tubería en la dos primeras etapas de la obra



Fotografía 16. Instalación de tubería y rellenos

Fuente Sainc informes diarios de obra.

Sello sobre rajón e instalación de sub base tipo b. Nivelación, humectación y compactación.

Figura 14. Nivelación Sub base tipo B



Fotografía 19. Nivelación de sub base tipo B



Fotografía 20. Compactación de B-400.

Fuente Sainc informes diarios de obra.¹³

Imprimación de la superficie con emulsión asfáltica de rompimiento lento.

Figura 15. Imprimación lenta



Fotografía 21. Imprimación con emulsión lenta CRL



Fotografía 22. Procedimiento al imprimir

Fuente Sainc informes diarios de obra.

Instalación, nivelación y compactación de mezcla densa en caliente (MDC-2) con equipos necesarios para la terminación.

Figura 16. Mezcla MDC-2

¹³ **IDU - Distritos de Conservación**

www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservacion La implementación del programa de **Distritos de Conservación** tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación



Fotografía 23. Extensión de asfalto



Fotografía 24. Instalación de asfalto y nivelación



Fotografía 25. Toma de temperatura en la extensión de asfalto



Fotografía 26. Compactación de asfalto

Fuente Sainc informes diarios de obra.¹⁴

Instalación de acero de refuerzo de las losas y concreto hidráulico MR-43 tanto su manipulación y curado del mismo.

Figura. 17 Acero y concreto MR 43

¹⁴ **IDU - Distritos de Conservación**

www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservacion La implementación del programa de **Distritos de Conservación** tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación



Fotografía 27. Acero de refuerzo



Fotografía 28. Formaleta y acero de separación de placas



Fotografía 29. Colocación del concreto



Fotografía 30. Protección del concreto por causa del agua

Fuente Sainc informes diarios de obra.¹⁵

Por último de las actividades de los segmentos es el corte y sello de juntas de losas en concreto.

Figura 18. Corte y sello de juntas

¹⁵ **IDU - Distritos de Conservación**

www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservacion La implementación del programa de **Distritos de Conservación** tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación



Fotografía 31. Compressor para limpiar los cortes del concreto



Fotografía 32. Producto para sellar las juntas de las placas



Fotografía 33. Corte de juntas de placas de concreto



Fotografía 34. Corte de concreto

Fuente Sainc informes diarios de obra.¹⁶

En la etapa 3 y 4 se instala la nueva tecnología en recubrimiento de tuberías para agilizar el proceso de obra.

5.2 Procedimiento de la nueva tecnología.

Inicio de trabajo estado actual colector principal.

¹⁶ **IDU - Distritos de Conservación**

www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservacion La implementación del programa de **Distritos de Conservación** tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación

Figura 19. Estado del colector y preparación del polímero



Fotografía 35. Colector antes de la nueva tecnología



Fotografía 36. Colector con fisuras y fugas



Fotografía 37. Preparación del polímero



Fotografía 38. Colocación del polímero en la manga

Fuente Sainc informes diarios de obra.¹⁷

Figura 20. Instalación de la manga en el colector y curado del polímero.

¹⁷ **IDU - Distritos de Conservación**

www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservacion La implementación del programa de **Distritos de Conservación** tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación



Fotografía 39. Instalación de la manga en el colector



Fotografía 40. Manga saliendo al pozo de inspección



Fotografía 41. caldera



Fotografía 42 .Instalación de calor para el curado de la manga



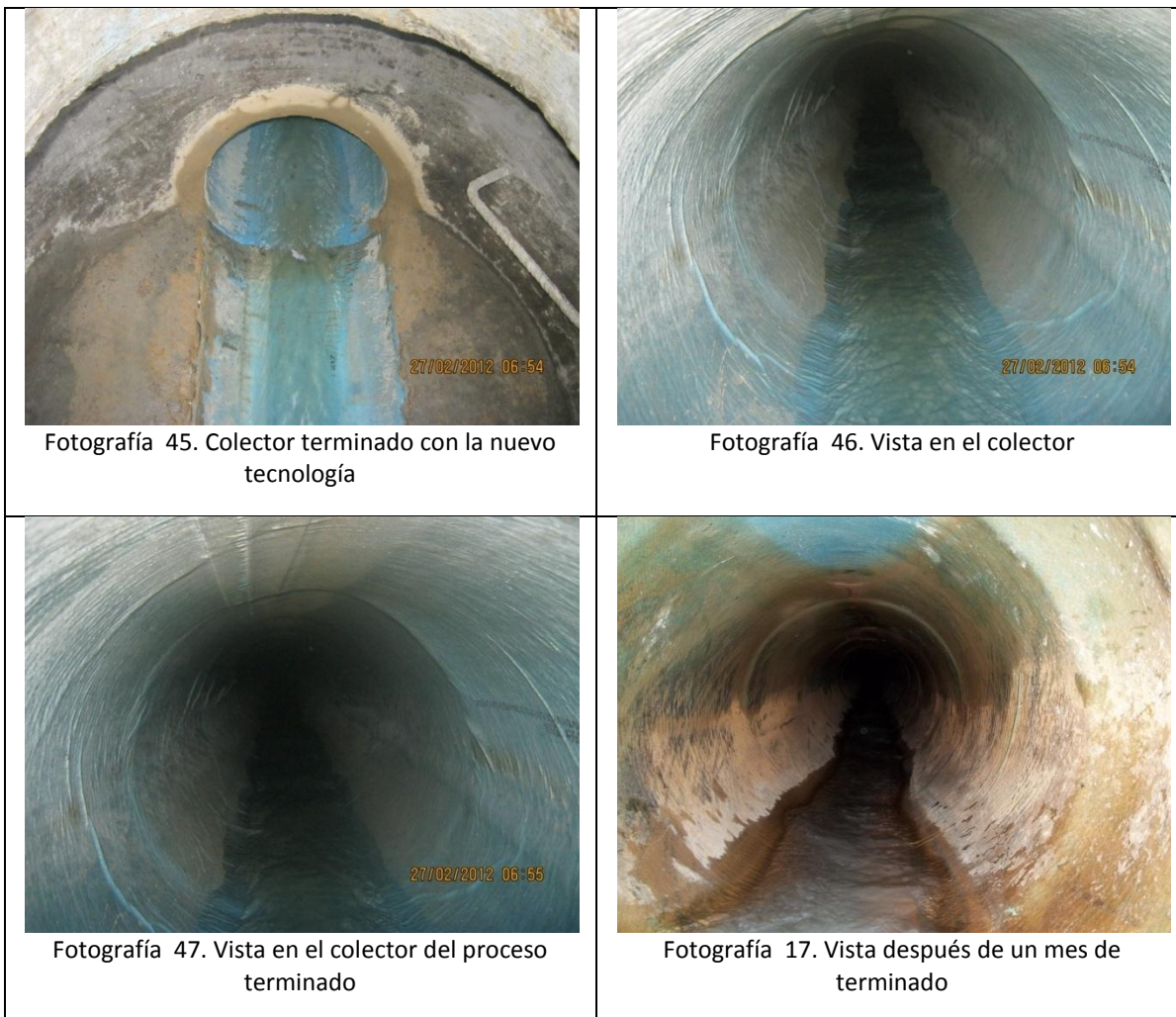
Fotografía 43 .Proceso de preparación del polímero



Fotografía 44.Instalación de la manga en el colector

Fuente Sainc informes diarios de obra.

Figura 21 . Actividad terminada.



Fuente Sainc informes diarios de obra.¹⁸

¹⁸ **IDU - Distritos de Conservación**
www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservacion La implementación del programa de **Distritos de Conservación** tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación

5.3 Errores de construcción.

Figura 22 .Actividad de concreto



Fotografía 18. Diferentes longitudes de los aceros longitudinales



Fotografía 19. Colocación de formaleta de madera



Fotografía 20. Colocación de carga en las losa del los lados



Fotografía 21. Utilización de solo vibrador de concreto

Fuente Sainc informes diarios de obra.¹⁹

¹⁹ **IDU - Distritos de Conservación**

www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservacion La implementación del programa de **Distritos de Conservación** tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación

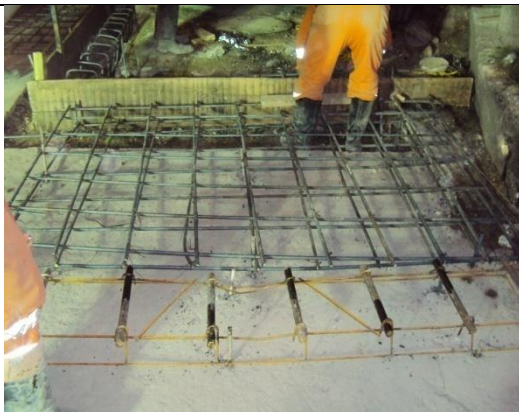
Figura 23. Actividad de concreto



Fotografía 22 .No utilización de regla para concreto



Fotografía 23 .Formaleta no adecuada para el concreto



Fotografía 24. Acero no adecuado y no corte de acero de amarre de la parrilla



Fotografía 25. No regla vibratoria de concreto

Fuente Sainc informes diarios de obra.²⁰

²⁰ **IDU - Distritos de Conservación**

www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservacion La implementación del programa de **Distritos de Conservación** tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación

6 Metodología empleada

La metodología empleada para el desarrollo de este documento se basa en los siguientes aspectos.

- Recopilación de información documental, escrita en medio físico y magnético, de la obra con el fin de establecer el manejo y el avance en las diferentes actividades.
- Análisis de la información recopilada.
- Recopilación de información de vías y pavimentos manejados en otros sitios de Bogotá.
- Recopilación de información relacionada con el método Whitetopping.
- Establecer las conclusiones y recomendaciones del caso.

7 Análisis de resultados

En la figura 24 se muestra la definitiva estructura de pavimento a utilizar.

Figura 24. Estructura de pavimento

Esquema estructura de pavimento		
19 cm		Losa de concreto hidráulico con pasadores de transferencia de carga MR = 4.3 Mpa
5 cm		MDC-2
15 cm		SBG-A

Fuente diseño PCA y AASHTO²¹

Figura 25. Resumen de tipo de cada una de las etapas del proyecto

Se muestra los tiempos y las áreas de cada una de las etapas intervenidas, también cual fue el sistema de tubería.

TIEMPOS DE TRABAJO DE ETAPAS DE LA OBRA					
Etapas	fecha de inicio	Fecha terminación	Área de trabajo (m2)	Días de trabajo	Cambio de tubería
1	Marzo 4 de 2010	Nov. 15 de 2010	3162	256	concreto
2	Marzo 23 de 2011	Mayo 25 de 2011	918	63	no
3	Junio 30 de 2011	Nov. 1 de 2011	1938	125	Tecnología nueva
4	Enero 7 de 2012	Marzo 6 de 2012	1122	59	Tecnología nueva

Fuente Sainc informes diarios de obra²²

²¹ para diseño de pavimentos AASHTO 1993 La mejor referencia para este programa es la Guía https://bookstore.transportation.org/Item_details.aspx?id=374

²² **IDU - Distritos de Conservación** www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservación La implementación del programa de **Distritos de Conservación** tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación

CONCLUSIONES

La técnica del Whitetopping requiere para que sea viable su utilización, que los daños de la estructura existente sean superficiales, por cuanto ésta servirá de soporte al pavimento rígido. La rehabilitación por medio del whitetopping implica un costo inicial alto, pero el mantenimiento es bajo, lo que resulta favorable en sitios donde las deformaciones en el pavimento flexible por efecto de los vehículos que frenan y arrancan frecuentemente, afectan su vida útil.

Basándose en la información recopilada, el análisis de ésta y el diseño de tramo, se puede concluir los siguientes puntos:

- Se identificaron factores que inciden en el buen comportamiento de los pavimentos delgados concreto sobre asfalto, estos son: la adherencia entre la capa de hormigón y la capa de asfalto colocada, el espesor de la capa de asfalto y el espaciamiento entre las juntas.
- Una buena adherencia en la unión concreto/asfalto es esencial para la aplicación exitosa del Whitetopping.
- De todas las alternativas evaluadas en la preparación de la superficie existente, la de mejores resultados fue la de demoler el concreto existente y excavar para brindarle soporte al concreto.
- Para el espesor del asfalto, se recomienda un espesor mínimo de 50 mm.

Teniendo en cuenta el desarrollo del proyecto evidenciamos errores en la programación en las 2 primeras etapas siendo este el motivo del retraso en tiempo.

Evidenciamos no control estricto en la actividad de la fundida del concreto. Así mismo se generaron errores que pueden provocar riesgo en el concreto.

El cambio a la tecnología utilizada en la tercera y cuarta etapa del proyecto fue acertada, por que se tenían que dar celeridad a la obra teniendo en cuenta que el comercio es vital para el sector.

RECOMENDACIONES

En la parte de construcción se requiere de excelentes constructores e interventores, ya que ayudaría a que se cumpla la vida útil para la cual se diseñan estas vías, haciendo eficiente y eficaz la destinación de recursos

Establecer una metodología para dar una continuidad a los proyectos de ejecución siendo estos muy esenciales para la construcción de proyectos futuros

Implementar mecanismos para efectuar el seguimiento al proyecto, teniendo en cuenta los mantenimientos del tipo preventivo.

BIBLIOGRAFIA

Software para diseño de pavimentos AASHTO 1993

La mejor referencia para este programa es la Guía misma:

https://bookstore.transportation.org/Item_details.aspx?id=374

SOFTWARE DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

www.ibch.com/index.php?option=com_remository.Formato de archivo: PDF/Adobe Acrobat - Vista rápida INTRODUCCIÓN A DIPAV. El IBCH ha desarrollado un programa que permite el diseño de pavimentos rígidos y flexibles. Este programa proporciona.

Diseño Racional de Pavimentos IDU 1

30 Jul. 2011 – I PAVIMENTOS FLEXIBLES AA.2 PAVIMENTOS CON CAPAS ASFÁLTICAS C. MÉTODO RACIONAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS .programa similar al final de la década de los 80 llamado DEPAV.

METODOLOGÍAS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES - UMNG

www.umng.edu.co/documents/63968/74787/17n2art3.pdf

Formato de archivo: PDF/Adobe Acrobat - Vista rápida de DMOFF PAVEMENTS - Artículos relacionados analíticos, programas de elementos finitos, micro mecánica, materiales . Lo anterior, las metodologías de diseño de pavimento en Colombia

IDU - Inicio

www.idu.gov.co

Bienvenido al Instituto de Desarrollo Urbano IDU, acá encontrará la información de las actividades que se adelantan.

IDU - Distritos de Conservación

www.idu.gov.co/web/guest/malla_prog_conservacion

La implementación del programa de Distritos de Conservación tiene como objeto, integrar las acciones de intervención de mantenimiento, rehabilitación